

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

CANAL BELLAVISTA

VOLUMEN 3: Anexos 4, 5 y 6

Santiago, mayo de 2015

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

CANAL BELLAVISTA

Anexo 4

Santiago, mayo de 2015



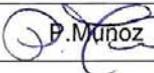
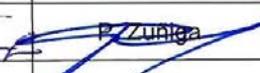
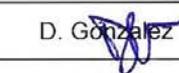
**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

N° 4184-1000-LL-INF-002_D

ANEXO 4: ORGANIZACIÓN DE USUARIOS CANAL BELLAVISTA

***NOTA: Nueva codificación reemplaza al documento: 4184-0000-GA-INF-003**

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
B	Nombre Firma	E. Astorga	P. Zuñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	26.09.2014	29.09.14	29.09.14	
C	Nombre Firma	E. Astorga	P. Zuñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	26.09.2014	29.09.14	29.09.14	
D	Nombre Firma	 P. Muñoz	 P. Zuñiga	 D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	05.11.14	05.11.14	05.11.14	

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

ANEXO 4: ORGANIZACIÓN DE USUARIOS CANAL BELLAVISTA

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	OBJETIVOS	3
3	DESCRIPCIÓN CANAL BELLAVISTA.....	4
4	ORGANIZACIÓN DE CANALISTAS EN LA CUENCA DEL RÍO ELQUI.....	6
5	JORNADAS DE CAPACITACIÓN Y TALLERES DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA	7
5.1	OBJETIVOS	7
5.2	METODOLOGÍA.....	7
5.3	RESULTADOS	9

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A Información Acciones de Derechos de Agua Canal Bellavista

LISTADO DE TABLAS

Tabla 4-1: Usuarios y Acciones de Derechos de Agua. Canal Bellavista..... 7

Tabla 4-2: Antecedentes del Catastro Público de Aguas. Canal Bellavista..... 7

LISTADO DE FIGURAS

Figura 5-1: Tríptico que será entregado en las Jornadas 10

1 INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto "Mejoramiento Canales Bellavista, Villalón y Buzeta", ARCADIS Chile, se ha realizado un diagnóstico de la situación de los derechos de agua, que incluye un estudio de las organizaciones existentes ligadas a la distribución del recurso hídrico, Junta de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y Comunidades de Agua, y una investigación exhaustiva sobre los derechos de agua existentes, permanentes y eventuales, y de los que estén en trámite de otorgamiento, ya sean consuntivos como no consuntivos.

Se presenta el listado de regantes del área de los proyectos y la cantidad de acciones de cada propietario o propietaria y la situación legal de dichos derechos de aprovechamiento.

Respecto de los derechos de aguas no regularizados, no perfeccionados o no constituidos, se analizan los listados proporcionados con las organizaciones de usuarios contrastadas con el Catastro Público de Aguas, a efecto de tener claridad sobre las brechas existentes en estas materias, además de la información del Conservador de Bienes Raíces, en aquellos casos en que fue posible recabar esta información.

Con el catastro completo se procederá con asesoramiento legal y técnico a las organizaciones de usuarios, de tal manera de entregar lineamientos para la regularización de los derechos de aprovechamiento de aguas. De esta asesoría se definirá un compromiso de iniciación de trámites, el cual será plasmado en un convenio ya entregado a la CNR.

2 OBJETIVOS

Conforme a lo señalado y a través de este análisis, se busca el cumplimiento de los 3 siguientes objetivos:

- Analizar los recursos hídricos del sector y estudiar la situación técnica y legal individual de los derechos de aprovechamiento de aguas de propiedad de los potenciales beneficiarios.
- Prestar asesoría legal y técnica a la organización de usuarios en relación a los trámites de regularización y/o perfeccionamiento de derechos de aprovechamiento. Para estos efectos se han definido tres jornadas de capacitación, unidas a los talleres de Participación ciudadana, que se desarrollan en el punto 6.
- Establecer un compromiso con las organizaciones de usuarios para que los regantes que integran dichas organizaciones inicien los trámites de regularización y/o perfeccionamiento.

Al término de esta actividad, se entregará una descripción de la situación actual con foco en disponer de un rol de regantes de cada canal.

3 DESCRIPCIÓN CANAL BELLAVISTA

ASOCIACIÓN DE CANALISTAS CANAL BELLAVISTA, RUT N° 82.179.400-5, representada por su Presidente don José Francisco Izquierdo Zomosa, tiene su domicilio en Cordobés 490, 2do piso, la Serena, y forma parte de la cuenca del río Elqui, el que se forma por la confluencia de los ríos Turbio y Claro. Recorre 80 Km. para desembocar en el mar al norte de La Serena. Esta asociación se constituyó por DS. MOP N° 2452 de 27 de octubre de 1961.

Tiene un régimen mixto: crece en invierno por las lluvias y en primavera por los deshielos y su infraestructura de riego corresponde a 152 canales y un embalse mayor, para 17.906,3 Hás. de riego, con 5.070 usuarios de los cuales 209 están organizados en 5 Asociaciones de Canalistas y 2 Comunidades de Aguas. En esta cuenca hay dos Juntas de Vigilancia provisorias.

La demanda bruta actual es de 5,12 miles lts./seg./prom.mes; y el consumo de 2,41 miles lts./seg./prom.mes.

La construcción de la mayoría de los canales importantes del valle fue realizada por particulares en la segunda mitad del siglo pasado, excepto la prolongación del canal Bellavista realizado a comienzo de este siglo; ninguno con participación estatal.

El primer Rol de regantes existente en la cuenca fue la Asociación de Canalistas del Río Coquimbo y sus Afluentes, conformada en junio de 1943 y contemplaba 191 bocatomas o encauzamientos.

El Río Derecho, como tributario solo ocasional del sistema, formó una Junta de Vigilancia independiente en 1968.

El 11 de Junio de 1993 se constituye la Junta de Vigilancia del Río Elqui y Sus Afluentes remplazando a la anterior Asociación de Canalistas del Río Coquimbo. A la fecha la Junta del Río Elqui posee bajo su jurisdicción 117 canales más 6 captaciones a través de elevación mecánica.

El sistema de riego del Río Elqui y sus afluentes está compuesto por dos embalses conectados entre sí y de una extensa red de 126 canales de riego que captan sus aguas por medio de 117 bocatomas y captaciones de elevación mecánica.

Las aguas superficiales de donde extraen gravitacionalmente los canales corresponde a los ríos Turbio, Cochiguaz, Claro y Elqui específicamente

Embalse Intendente Renán Fuentealba (Puclaro)

Con el propósito de retener los recursos hídricos sobrantes escurridos hasta el mar y regular las cuencas ante la gran irregularidad de las precipitaciones es que en el año 1995, la Dirección de Obras Hidráulicas desarrolló un proyecto para la construcción del Embalse Puclaro, este proyecto aprovecha la Angostura de la zona de Puclaro y sus características geológicas y estratégicas, exclusividades que fueron parte de variados estudios.

La capacidad del Embalse Puclaro, es de 207.000.000 m³, con las debidas características técnicas asociadas, el embalse resultaba técnica y económicamente factible, el proyecto fue finalmente aceptado por los regantes dentro del marco de Ley 1.123.

En marzo de 1996 comienza su construcción, En agosto del mismo año se inician las obras que permiten que al día 15 de Octubre de 1999, puedan estar en condiciones de iniciar el llenado del embalse, pese las pérdidas causadas por los temporales de agosto de 1997, que dañan las obras y alteran el plan de trabajo.

El Embalse Puclaro está ubicado en el Valle de Elqui, a unos 50 Km. al oriente de la ciudad de La Serena, Cuarta Región de Coquimbo, a 432 m.s.n.m.

El embalse, de generación multianual regula el Río Elqui, permitiendo una adecuada seguridad de riego a 20.700 ha. aproximadamente, lo que significa más que duplicar la actual área regada. La obra beneficia a 2.508 predios con un tamaño medio de 8 ha. por predio.

Estructura Administrativa de la Junta de Vigilancia del río Elqui

La base de la Junta de Vigilancia es de carácter corporativo, al igual que las comunidades de aguas y las asociaciones de canalistas, sus órganos internos son muy similares.

Asamblea General: Corresponde a la reunión de los canales con derechos en el río Elqui, debidamente representados por sus Presidentes, en sesión válidamente convocada, en la que se reúne la mayoría para sesionar. Instalada legalmente, sus acuerdos son obligatorios para todos los miembros de la Junta.

Directorio: Es elegido por la Asamblea General, en votación correspondiente a las acciones que cada canal representa, es el órgano administrador de la Junta. El Directorio es quien establece los rateos y los turnos, el que contrata empleados así como también la contratación de trabajos y obras.

Presidente: Es elegido por el Directorio, es el representante legal, judicial y extrajudicial de la Junta de Vigilancia y del Directorio mismo, correspondiéndole presidir tanto el Directorio como la Asamblea General.

Organigrama: Los usuarios de La Junta de Vigilancia del río Elqui cuenta con 117 canales , incluyendo a todas las comunidades de aguas regularizadas o no, emplazados en la cuenca los que se dividen en tres secciones, ya señaladas anteriormente.

La Junta de Vigilancia del Río Elqui aprobada por Decreto Supremo del Ministerio de Obras Públicas de fecha 13 de junio de 1993, reconoce una división interna del área jurisdiccional del río en tres secciones, las cuales se refieren a sectores de distribución de agua en forma homogénea y no a secciones en el sentido señalado por el Código de Aguas.

4 ORGANIZACIÓN DE CANALISTAS EN LA CUENCA DEL RÍO ELQUI

La cuenca del río Elqui se encuentra organizada casi en su totalidad, contando con organizaciones de canalistas y comunidades de agua en cada uno de sus canales.

La Junta de Vigilancia del Río Elqui cuenta con 114 canales de derechos permanentes y 3 canales de derechos eventuales, restando por organizarse solo unos canales pequeños los cuales representan un 21% del total, corresponden a cauces naturales menores tales como quebradas y esteros. Sin embargo, un alto porcentaje de estos canales se encuentra realizando los trámites de regulación.

Las organizaciones de usuarios operan sobre tres niveles de decisión:

- La Junta General de Comuneros o de accionistas si es de Asociación corresponde a la voluntad máxima de la entidad. Lo que acuerda la Junta General es ley para la organización y debe ser respetado.
- El Directorio que es elegido por la Junta General le corresponde ejecutar las decisiones de la Junta General y además cumplir con las funciones y atribuciones que le entrega el Código de Aguas.
- El Presidente que es elegido por los Directores tiene la representación judicial y extrajudicial del organismo.

Canal Bellavista

El Canal Bellavista corresponde a la asociación de canalistas más importante de la Junta de Vigilancia del Río Elqui, concentrando en sus 3.888,45 acciones el 16% de las acciones totales del río las que se distribuyen en 2.250 regantes aproximadamente.

El canal está ubicado en la tercera sección del río Elqui, en el sector de Las Rojas con un trazado de más de 10 km. Los usuarios dedicados preferentemente a la agricultura, presentan una gran diversidad de cultivos y tamaños de predios regados, distribuyéndose en forma variada entre grandes productores y pequeños agricultores. Su situación de derechos de aprovechamiento se encuentra totalmente reglamentada en la D.G.A.

La distribución de las aguas se realiza por medio de 47 marcos partidores ubicados a lo largo del trayecto del canal. Estos marcos partidores corresponden a un grupo de regantes organizados para conducir las aguas hacia un sector común o áreas colindantes, los que se organizan como una verdadera comunidad de agua dado que cuentan con un presidente encargado de la distribución de las aguas, la mantención de las obras y por velar por la equidad en el reparto. Para ello cada marco se financia con el pago de cuotas internas, las que sirven para solventar los gastos de operación y aportar la cuota correspondiente al canal. En general los marcos poseen uno o más celadores dependiendo de sus necesidades. Cada uno de ellos cuenta con una sección representativa del número de acciones capaz de recibir la proporción de aguas correspondiente.

El Canal Bellavista cuenta con una directiva formada por el presidente, secretario, tesorero y dos directores. Este canal no se financia en lo principal con dinero sino que opera con el trabajo directo de los accionistas, sobre la base de dividir su cauce de acuerdo a los derechos de cada asociado entregando a estos la obligación de las limpias. Se mantiene una cobranza menor de cuotas para cubrir los gastos de sueldo de un empleado administrativo y los pagos de los celadores.

Tabla 4-1: Usuarios y Acciones de Derechos de Agua. Canal Bellavista

Canal	Número de Usuarios	Acciones
Bellavista	130	5.304,60

Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Centro de Información de Recursos Hídricos.

Tabla 4-2: Antecedentes del Catastro Público de Aguas. Canal Bellavista

Canal	Número de Usuarios	Acciones
Bellavista	35	101,2127

Fuente: Catastro Público de Aguas

Como puede apreciarse, un muy escaso número de usuarios han registrado sus derechos en el catastro público de Aguas de la DGA.

En tanto los 130 usuarios identificados por el MOP-DGA, Centro de Información de Recursos Hídricos, los derechos de aguas de estos usuarios se encuentran inscritos en el Conservador de Bienes Raíces.

El abogado del canal Bellavista, es don Jorge Latorre, teléfono 512215092. El mail de don Luis Pizarro es administracion@embalserecoleta.cl, quien refiere que el caudal con derecho corresponde a 3.888 L/S.

5 JORNADAS DE CAPACITACIÓN Y TALLERES DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

5.1 OBJETIVOS

Integrar a la comunidad al desarrollo del proyecto, ya sea a través de consultas, talleres de trabajo u otras actividades que permitirán, por una parte, informarlos de los objetivos y avances del estudio, y por otra, recoger información, inquietudes, intereses y opiniones, incorporándolas en el estudio cuando sea técnica y económicamente factible.

5.2 METODOLOGÍA

Se realizarán 3 (TRES) Jornadas de capacitación en legislación de aguas, atinentes a la realidad local, para lo cual se entregará además información escrita (Trípticos, con un resumen de la información de la Jornada), en particular enfocada a los mecanismos de regularización de aguas previstos en el Código de Aguas. Así mismo se realizarán Talleres de PAC acordes a la realidad y dinámicas locales.

Metodología general

El profesional encargado de PAC ejecutará su trabajo coordinadamente con los profesionales que desarrollan el estudio de ingeniería y el asesor jurídico.

Dentro de los principales aspectos metodológicos generales necesarios para dar cumplimiento al objetivo general y a los lineamientos institucionales de la CNR se consideran los siguientes:

- Las reuniones de Participación Ciudadana deberán realizarse en un lugar y horario que acomode a los participantes de la comunidad. Para tal efecto se estima que la jornada y el taller para cada canal, se realizarán entre la segunda quincena de noviembre y la primera quincena de diciembre.
- Como respaldo se elaborará un registro de la reunión con los principales contenidos. Además, se registrará la reunión con grabadora para respaldar el registro escrito.
- La información a la comunidad será transmitida velando porque los contenidos sean comprendidos por la comunidad, lo que requiere de un lenguaje y apoyo audiovisual adecuado al público objetivo.
- Se velará por la transparencia y focalización de los objetivos del proyecto y los alcances de la PAC, para ello en los contactos y/o actividades de participación se escucharán los planteamientos de la comunidad en cuanto a sus necesidades y demandas, acotándolas al ámbito del proyecto y la etapa en que éste se encuentra. Ello implica recoger las inquietudes y opiniones, aclarando cuáles de ellas se enmarcan dentro de los objetivos del proyecto, cuáles no pueden ser abordadas y la justificación de este hecho, evitando generar falsas expectativas.
- Las observaciones recogidas en las reuniones, entrevistas, visitas a predios, o surgidos por otros medios, serán analizados en su factibilidad técnica y económica, para ser considerados como un elemento más en la toma de decisiones en conjunto con la CNR, para la selección de las alternativas que recomiende el estudio. Lo anterior quedará de manera explícita en los informes, mostrando los planteamientos de la comunidad que fueron incluidos en el proyecto, así como de otros que fueron descartados y las razones.
- Sobre el manejo de potenciales conflictos con dueños u ocupantes de predios al momento de realizar trabajos de terreno, en primer lugar se informará a los posibles afectados y se solicitará su autorización, cuidando de respetar las costumbres locales. De haber rechazo a las actividades, mediante el dialogo se buscará la solución con el dueño. De persistir el rechazo se acudiría. Estos tipos de inconvenientes y sus respectivas soluciones quedarán registrados en el informe de participación ciudadana correspondiente.
- Las labores de PAC exigen una interacción profunda con las demás especialidades que desarrollan el estudio. En dicho sentido, se permite asegurar que tanto el desarrollo de la PAC cuente con la información más actualizada de la ingeniería, así como también ésta

pueda obtener los insumos, que se estimen pertinentes, como resultado de las interacciones con los actores locales en el proceso de PAC.

Metodología específica en función de objetivos

Estrategia

Dado que el proyecto contempla al menos dos grandes tipos de públicos objetivos, la metodología se ha organizado particularmente para ambos:

- Regantes: Serán los beneficiarios y/o afectados directos, pues verán mediante estas obras un aumento significativo de la seguridad de riesgo de sus cultivos, o bien, afectaciones por las actividades de construcción.
- Autoridades regionales/locales: Se considera el involucramiento de ellas los procesos de reuniones con la comunidad beneficiaria/afectada.

Plazo:

Estas jornadas y talleres, se realizarán en dos días consecutivos, entre la segunda quincena de noviembre y la primera quincena de diciembre de 2014, conforme a la disponibilidad de los usuarios y sus directivas.

5.3 RESULTADOS

Después de reunión establecida con CNR con Gaston Valenzuela, asociación y este Consultor, se concluyó que estos talleres no cumplían el objetivo inicial, dado que cada asociación de canalistas dispone de un proceso de regularización que se ha llevado a cabo durante toda su creación. Son muy pocos los usuarios que se encuentran sin regularizar, los cuales no asistirán a estos talleres pues ni siquiera la organización lo ha logrado en el transcurso de estos años.

De todas formas, se incorporan trípticos de antecedentes de perfeccionamiento, adjuntos a este informe, los cuales fueron conversados con los abogados de este consultor como de la asociación, de modo de apoyar la gestión interna que se está llevando a cabo.

Figura 5-1: Tríptico que será entregado en las Jornadas

Tapa:



Página 1:

PY 4184 – MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA-VILLALÓN-BUZETA



Página 2:

PERFECCIONAMIENTO

El Título II del Reglamento del Catastro Público de Aguas se refiere expresamente al perfeccionamiento de los títulos en que consten los derechos de aprovechamiento de aguas.

El Art. 44 establece que todos los titulares de derechos de aprovechamiento de aguas, y a los artículos 1º y 2º transitorios del Código de Aguas, cuyos títulos se encuentren incompletos, con el objetivo de incorporarlos al Catastro Público de Aguas, deberán previamente perfeccionar y regularizar sus derechos de acuerdo a:

Casos en que procede:

Se debe realizar el perfeccionamiento en caso de que el título carezca de alguno(s) de las siguientes menciones:

- Nombre Completo del titular;
- Cauce o ubicación del acuífero de que se trata;
- Provincia en que se sitúa la captación y la restitución, en su caso;
- Caudal;
- Características con que se otorga o reconoce el derecho: Esto es, si se trata de un derecho consuntivo o no consuntivo (según si el titular puede consumir totalmente el agua o no); de ejercicio permanente o eventual (según si el titular puede usar el agua en la dotación que le corresponde o no, y si fueron otorgados con dicha calidad en fuentes de abastecimiento no agotadas); o de ejercicio continuo, discontinuo o alternado entre varias personas (según si el titular puede usar el agua las 24 horas del día o no, o, si el uso del agua se distribuye entre dos o más personas que se turnan)

CONTENIDO

1. PLANO DE UBICACIÓN

2. ALCANCE DE LOS PROYECTOS

3. REGULARIZACIONES—1º TRANSITORIO

4. REGULARIZACIONES – 2º Y 5º TRANSITORIO

5. PERFECCIONAMIENTO.

Página 3:

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA-VILLALÓN-BUZETA”
TALLER LEGAL N° 1

Empresa / Nombre contacto / Mail / Teléfono

CNR: gaston.valenzuela@cnr.gob.cl (02) 2469xxxx

Arcadis: Paolo Zuñiga paolo.zuñiga@arcadis.cl (02) 23812032



Página 5:

ALCANCE DEL PROYECTO

1. Evaluar a nivel de pre factibilidad la optimización del sistema de riego de los 3 canales, incorporando la posibilidad de multiuso de las aguas de riego, considerando la generación hidroeléctrica.
2. La optimización se encuentra enfocada a reducir las pérdidas de agua del sistema de distribución y reducir los riesgos de colapso, focalizando los esfuerzos en el canal matriz.
3. Evaluación económica de los mejoramientos propuestos.
4. El estudio incluye una asesoría legal, que se describe a continuación.

REGULARIZACIONES—1° TRANSITORIO

Artículo 1° Transitorio Código de Aguas

Los Derechos de aprovechamiento inscritos en el Registro de Aguas del CBR respectivo y cuyas posteriores transferencias o transmisiones no lo hubieren sido, podrán regularizarse mediante la inscripción de los títulos correspondientes desde su actual dueño hasta llegar a la inscripción de la cual proceden.

Si el CBR se niega a inscribir, el interesado podrá acudir donde el Juez competente para que ordene al CBR a hacerlo si lo estima pertinente, en función de los antecedentes presentados por el interesado.

Requisitos:

- a) Se aplica sólo para regularizar Derechos que alguna vez han estado inscritos en el registro de aguas.
- b) Requiere de un título originario de aguas, que acredite posesión sobre un Derecho de aprovechamiento completo o incompleto.
- c) El título debe estar inscrito en el registro de propiedad de aguas respectivo.
- d) El Conservador de Bienes Raíces competente, es el que corresponde al lugar donde se encuentra el punto de captación de aguas.
- e) El Conservador debe negar la regularización, frente a lo cual el interesado debe recurrir a los tribunales de Justicia quienes solicitarán informe a la DGA respecto a los antecedentes que le servirán al Juez de base para emitir un fallo y ordenar la inscripción.

Página 6:

REGULARIZACIONES—2° Y 5° TRANSITORIO

Artículo 2° Transitorio Código de Aguas

Esta solicitud de regularización contempla una fase administrativa ante la DGA y el Juez de Letras como sigue:

- a) Derechos inscritos que están siendo usados por personas distintas a sus titulares.
- b) Derechos no inscritos, es decir, que nunca han estado inscritos.
- c) Derechos inscritos o no, que se extraen de forma individual de una fuente natural.

Requisitos:

- a) Que las aguas estén siendo usadas, debiendo acreditarse su uso.
- b) El uso de las aguas hubiera durado 5 años, desde la vigencia del Código (1981).
- c) Si el Derecho está inscrito, el uso de las aguas corresponda a una persona distinta del titular.
- d) Que el uso de las aguas sea ininterrumpido, libre de clandestinidad o violencia.
- e) Que el uso de las aguas se haya efectuado sin reconocer dominio ajeno.

Artículo 5° Transitorio Código de Aguas

Aplica para derechos de aprovechamiento de predios expropiados o adquiridos por la Ley N° 15.020 y N° 16.640.

Requisitos:

- a) SAG otorga pauta para distribución de derechos, que será proporcional a la extensión regada.
- b) SAG asigna derechos mediante Resolución exenta que se publicará en el Diario Oficial y se inscribirá en el CBR y CPA de la DGA.

ANEXO 1
INFORMACIÓN ACCIONES DE DERECHOS DE AGUA CANAL
BELLAVISTA

**ANEXO A.- INFORMACIÓN ACCIONES DE DERECHOS DE AGUA CANAL
BELLAVISTA**

N°	NOMBRE DE USUARIO	Acciones
1	ALEJANDRO OSANDON O.	6
2	ANA ISELA BRUNET ROSELLO	150
3	CARMEN R. FUENTES ARAYA	4
4	CRISTINO CORTES RIVADENEIRA	3
5	ELIZABETH S. SAAVEDRA NUÑEZ	0,5
6	ERMINDA ARAYA Y OTROS	2
7	FRIADRICH SCHOSS SEHNEIDER	6
8	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE COMBARBALA	15
9	ISABEL BRUNETT ROSELLO	150
10	ISMAEL MANQUES MICHEA	0,5
11	JORGÉ AGUILERA ZEPEDA	2
12	JUAN AGUILERA FREDES	7,5
13	JUAN S. HONORES	0,5
14	MANUEL I OLIVARES MICHEA	0,5
15	MARIO DAZA EGAÑA	0,5
16	RAFAEL A. ZEPEDA	1
17	SEGISMUNDO T. TAPIA	4
18	SERGIO M. VALDES ROBLEDO	7
19	SUCESION AGUILERA OSANDON	0,25
20	SUCESION AGUILERA ZEPEDA	1
21	SUCESION AGUILERA ZEPEDA	0,25
22	SUCESION BRUNETT ROSELLO	135
23	SUCESION LEIVA LEIVA	0,25
24	SUCESION OLIVARES VALDES	1,5
25	ZUNILDA ARAYA RAMIREZ	2
26	AURELIO DEL C. NUÑEZ ROJAS	2,5
27	COMUNIDAD EL MAITEN	1,6
28	GAVINO NUÑEZ ROJAS	2,8
29	JAVIER CHUMINATO ESTEVEZ	1,8
30	JOSE CHIUMINATTO HUMERES	17
31	JOSE ISMAEL ESQUIVEL SAAVEDRA	3,2
32	JUAN ASTUDILLO ASTUDILLO	3
33	NICOMEDES CARVALLO PINTO	4,1
34	PEDRO J. ARAYA BUGUEÑO	2
35	PEDRO R. ROJAS BARRAZA	1,6
36	RICARDO A MARIN CALDERON	0,6
37	RUBILAR DEL CARMEN CALDERON BUGUEÑO	2,6
38	SUC.CESPEDES CESPEDES JOSE	6
39	SUC.FREZ VIVANCO RAMON	4
40	SUC.JORGE MANQUEZ OLIVARES	2,2
41	AURELIO DEL C. NUÑEZ ROJAS	2,23
42	AURELIO DEL C. NUÑEZ ROJAS	6
43	CARVALLO OLIVARES MONICA Y OTROS	16,2
44	COMUNIDAD EL MAITEN BIEN COMUN GENERAL A	1,4
45	FROILAN LEMUS ROJAS	1,3

46	GAVINO DEL C. NUÑEZ ROJAS	8,3
47	GLADYS ESQUIVEL SAAVEDRA	2,23
48	JAVIER CHUMINATO ESTEVEZ	11,5
49	JOSE CHUIUMINATTO HUMERES	1,3
50	JOSE ISMAEL ESQUIVEL SAAVEDRA	2,23
51	JOSE ISMAEL ESQUIVEL SAAVEDRA	4
52	LUIS HERNAN ESQUIVEL SAAVEDRA	2,23
53	MERCEDES SEGUNDO RAMOS BLANCO	21,1
54	MUNICIPALIDAD DE ILLAPEL	0,5
55	NAZARIO DEL CARMEN ESQUIVEL SAAVEDRA	2,23
56	PEDRO DEL C. ESQUIVEL SAAVEDRA	2,23
57	PEDRO OLIVARES OLIVARES	14,4
58	PEDRO R. ROJAS BARRAZA	12,9
59	RICARDO A MARIN CALDERON	11,3
60	RUBILAR DEL CARMEN CALDERON BUGUEÑO	13,7
61	SUC. JORGE MANQUES OLIVARES	4
62	SUC. TAPIA TAPIA DANIEL	21
63	A. J. OLIVIERI	8,71
64	ALDO MONTRONI	13,93
65	AMELIA ILLANES LETELIER	5,99
66	ANA COLL	92,98
67	ANGELO MODENA	9,6
68	ARANCIBIA Y COMPAÑIA	17,42
69	ARZOBISPADO DE LA SERENA	120,13
70	ARZOBISPADO DE LA SERENA	71,06
71	ARZOBISPADO SERENA	100,82
72	ATILIO CALLEGARI	10,45
73	BEATRIZ ILLANES	54,09
74	BRUN HERMANOS	17,42
75	CAJA DE COLONIZACION AGRICOLA	120,62
76	CAJA DE COLONIZACION AGRICOLA	98,61
77	CAJA DE COLONIZACION AGRICOLA	155,53
78	CAJA DE COLONIZACION AGRICOLA	21,8
79	CAJA DE COLONIZACION AGRICOLA	51,48
80	CARLOS CARVAJAL	17,42
81	CITAL	60,96
82	COLONIA SAN RAMON	95,8
83	COLONIA SAN RAMON	467,9
84	CONSTANTINO CONSTANZI	10,89
85	DAMIANO ALBERTINI	13,06
86	DARIO MIGAZZI	10,89
87	DOMINGO NUÑEZ GALENO	177,65
88	EDUARDO ROSALES	17,42
89	ENRIQUE CARVAJAL	71,06
90	ENRIQUE RIPAMONTI	269,23
91	ENZIO Y CELESTINO ALBERTINI	17,42
92	ERNESTO HERRERA	13,05
93	ERNESTO HERRERA Y CIA.	21,9
94	FERNANDO BARRAZA	17,42
95	FERNANDO ILLANES ABBOTT	130,89
96	FISCO (PARQUE COLL)	75
97	GIUSSEPPE DALBOSCO	8,71

98	HERMAN ZANDONAI	8,71
99	HERMINIO VANZI	10,89
100	JOSE GAI	80,71
101	JOSE SAEZ	32,55
102	JUAN DURAN	13,05
103	LINO DEBERTOLIS	8,71
104	LUIGINO BALDO	10,89
105	MANUEL ARRIETA	17,42
106	MARCELINO ROJAS	13,93
107	MARCELLO ZONOLLI	17,42
108	MARCO DEBERTOLIS	8,71
109	MARIA R. DE MERY E HIJO	125,84
110	MARIA SULLIVAN	230,26
111	MARIO BERTOLINO	46,76
112	MARIO ZANDONAI	10,89
113	OLIVO BERTOLA	8,71
114	PAUL MUÑOZ	10,85
115	PENA, LUZIO Y CIA. LIMITADA	13,05
116	PIETRO SLOMP	8,71
117	RAMON OSORIO	54,09
118	RAUL BARRIONUEVO	65,42
119	REMO BALDO	10,89
120	REMO DONATI	13,05
121	REMO MODENA	13,05
122	SOC. AGRICOLA SANTA ELENA LTDA.	286,09
123	SOC.AGRICOLA MARIA DE SCHAEFFER E HIJO	151,42
124	SOCIEDAD AGRICOLA EL ESCORIAL LTDA.	82,4
125	SOCIEDAD AGRICOLA MARIA DE MERY E HIJOS	125,84
126	SOCIEDAD J.J. MAC-AULIFFE	94,97
127	SOCIEDAD MARIA DE SCHIAFFER	151,42
128	VICTOR FAJARDO	17,42
129	VICUÑA, RAQUEL Y OTROS	358,22
130	VITO BALDO	17,42
	TOTAL	5304,6

PROY. C.U.R.	DISEÑO NAA	FECHA 17.12.13	DIBUJO C.U.R.	FECHA 17.12.13	REVISÓ NAA	FECHA 17.12.13
-----------------	---------------	-------------------	------------------	-------------------	---------------	-------------------

CANAL BELLAVISTA Y HERRADURA
3.677,04 ACCIONES PERMANENTES

RÍO ELQUI

RÍO ELQUI

MARCO QUILACAN 46,76 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 18+150
		3.630,28 ACCIONES
MARCO VISTA BELLA 120,13 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 25+914
		3.510,15 ACCIONES
MARCO MONARDEZ 71,06 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 32+324
		3.439,09 ACCIONES
MARCO BELLAVISTA 71,06 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 33+365
		3.388,03 ACCIONES
MARCO CERES BELLAVISTA 177,65 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 36+110
		3.190,38 ACCIONES
MARCO SANTA ISABEL 155,53 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 37+524
		3.034,85 ACCIONES
MARCO EL PINO 96,80 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 40+753
		2.938,05 ACCIONES
MARCO SAN JOAQUÍN 62,33 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 41+250
		2.875,72 ACCIONES
MARCO SANTA ROSA 120,62 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 42+720
		2.755,10 ACCIONES
MARCO DEL MILAGRO 98,61 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 43+305

EXTRACCIÓN CANAL HERRADURA
23,5% ACCIONES PERMANENTES

		Km 45+279
		CANAL BELLAVISTA
MARCO SAN RAMÓN 95,80 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 46+360
		2.580,89 ACCIONES
MARCO SAN INÉS 467,98 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 48+017
		2.092,71 ACCIONES
MARCO CORAZÓN DE MARÍA 151,42 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 49+530
		1.941,29 ACCIONES
MARCO RÍO BLANCO 39,21 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 50+043
		1.902,08 ACCIONES
MARCO SANTA ELENA 248,88 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 51+762
		1.855,2 ACCIONES
MARCO SANTA ANA 230,26 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 52+705
		1.424,14 ACCIONES
MARCO EL CARMEN 485,86 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 54+930
		938,08 ACCIONES
MARCO SAN ANTONIO 125,84 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 56+520
		813,24 ACCIONES
MARCO SANTA FILOMENA 100,82 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 57+460
		712,42 ACCIONES
MARCO RETIRO 365,78 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 58+100
		346,64 ACCIONES
MARCO CERRILLOS 346,64 ACCIONES PERMANENTES	←	Km 59+955

NUEVA VIDA

LEYENDA

☒ MARCO PARTIDOR

FECHA PLOTEO:



TÍTULO

FIG. N°

ESCALA
SIN ESCALA

REV.
A

ARCHIVO CAD:

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

CANAL BELLAVISTA

Anexo 5

Santiago, mayo de 2015



**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

CANALES BELLAVISTA BUZETA Y VILLALÓN

N° 4184-1000-GE-INF-001_D

INFORME GEOTECNICO DE RESULTADOS CANAL BELLAVISTA

***NOTA: Nueva codificación reemplaza al documento: 4184-0000-GE-INF-004**

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	C. Sandoval	D. Solans	P. Zuñiga	Coordinación Interna
	Fecha	11.07.14	11.07.14	14.07.14	
B	Nombre Firma	C. Sandoval	D. Solans	P. Zuñiga	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	14.07.14	14.07.14	14.07.14	
C	Nombre Firma	C. Sandoval	D. Solans	P. Zuñiga	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	26.09.14	26.09.14	29.09.14	
D	Nombre Firma	C. Sandoval	D. Solans	P. Zuñiga	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	05.11.14	05.11.14	05.11.14	

CANALES BELLAVISTA BUZETA Y VILLALÓN

INFORME GEOTECNICO DE RESULTADOS CANAL BELLAVISTA

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	4
2	OBJETIVOS Y ALCANCES	4
3	REFERENCIAS	4
4	CAMPAÑA DE PROSPECCIONES.....	5
4.1	GENERALIDADES.....	5
4.1.1	Calicatas	7
4.2	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRAFICA	8
4.3	PROGRAMA DE ENSAYOS	22
4.3.1	Propiedades Índices	22
4.3.2	Ensayos In situ	24
5	DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO.....	24
5.1	RESUMEN.....	24
5.2	FILTRACIONES QUEBRADA ARRAYÁN	25
5.3	PRESENCIA DE AGUJEROS GENERADOS POR ROEDORES.....	26
5.4	DESLIZAMIENTOS DE TALUD HACIA EL CANAL.....	27
5.5	FILTRACIONES EN QUEBRADA KM 9,5.	28
5.6	FILTRACIONES KM 22,5.....	29

ANEXOS

Anexo A: Ensayos canal Bellavista

Anexo B: Registro fotográfico canal Bellavista

LISTADO DE TABLAS

Tabla 4-1.	Resumen de Información de Calicatas.....	7
Tabla 4-2.	Resultados granulométricos.....	22
Tabla 4-3.	Resultados ensayos de densidad in situ	24

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4-1. Ubicación de Prospecciones canal Bellavista.	6
Figura 5-1. Filtración quebrada Arrayán, ARCADIS 2014	25
Figura 5-2. Filtración quebrada Arrayán, ARCADIS 2014	25
Figura 5-3. Vista en detalle de agujero generado por roedores, ARCADIS 2014	26
Figura 5-4. Falla de talud por debilitamiento, ARCADIS 2014.....	26
Figura 5-5. Deslizamientos de talud hacia el canal, ARCADIS 2014.....	27
Figura 5-6. Km 9,5. Filtraciones talud a valle, ARCADIS 2014.....	28
Figura 5-7. Km 9,5. Filtraciones talud a valle, ARCADIS 2014.....	28
Figura 5-8. Km22,5. Filtración talud a valle, ARCADIS 2014.....	29
Figura 5-9. Km 22,5. Filtración talud a valle, ARCADIS 2014.....	30

1 INTRODUCCIÓN

En el presente informe geotécnico del canal Bellavista, se presentan los resultados geotécnicos más relevantes correspondientes a la campaña de exploraciones realizada entre los días 10/06/2014 y 02/07/2014. Para el posicionamiento de las prospecciones y la ejecución de estas, se contó con la importante ayuda de los 3 celadores del canal Bellavista, los Sres. Antonio Garay, Wenceslao Pereira y Humberto Vega.

Durante la ejecución de la campaña de exploraciones se fotografiaron los puntos de interés considerando el aspecto geotécnico en lo correspondiente a su influencia en problemas ligados a la infraestructura del canal, donde se producen problemas asociados a la evacuación de aguas lluvias, filtraciones, contaminaciones locales, fallas en taludes, etc.

2 OBJETIVOS Y ALCANCES

El presente documento tiene como objetivo específico presentar los resultados de la campaña de exploraciones geotécnica realizada en el canal Bellavista entre los días 10/06/2014 y 02/07/2014 presentar los principales problemas geotécnicos detectados durante el recorrido del canal.

3 REFERENCIAS

Para la elaboración de este informe se tuvo a la vista los siguientes antecedentes:

- Ref. 1 **ARCADIS Chile** (2014). Visita a terreno N°3 realizada el día 09 de Junio de 2014.
- Ref. 2 **ARCADIS Chile** (2014). Informes diarios de actividades en terreno.
- Ref. 3 DPI (2014). Ensayos canal Bellavista.

4 CAMPAÑA DE PROSPECCIONES

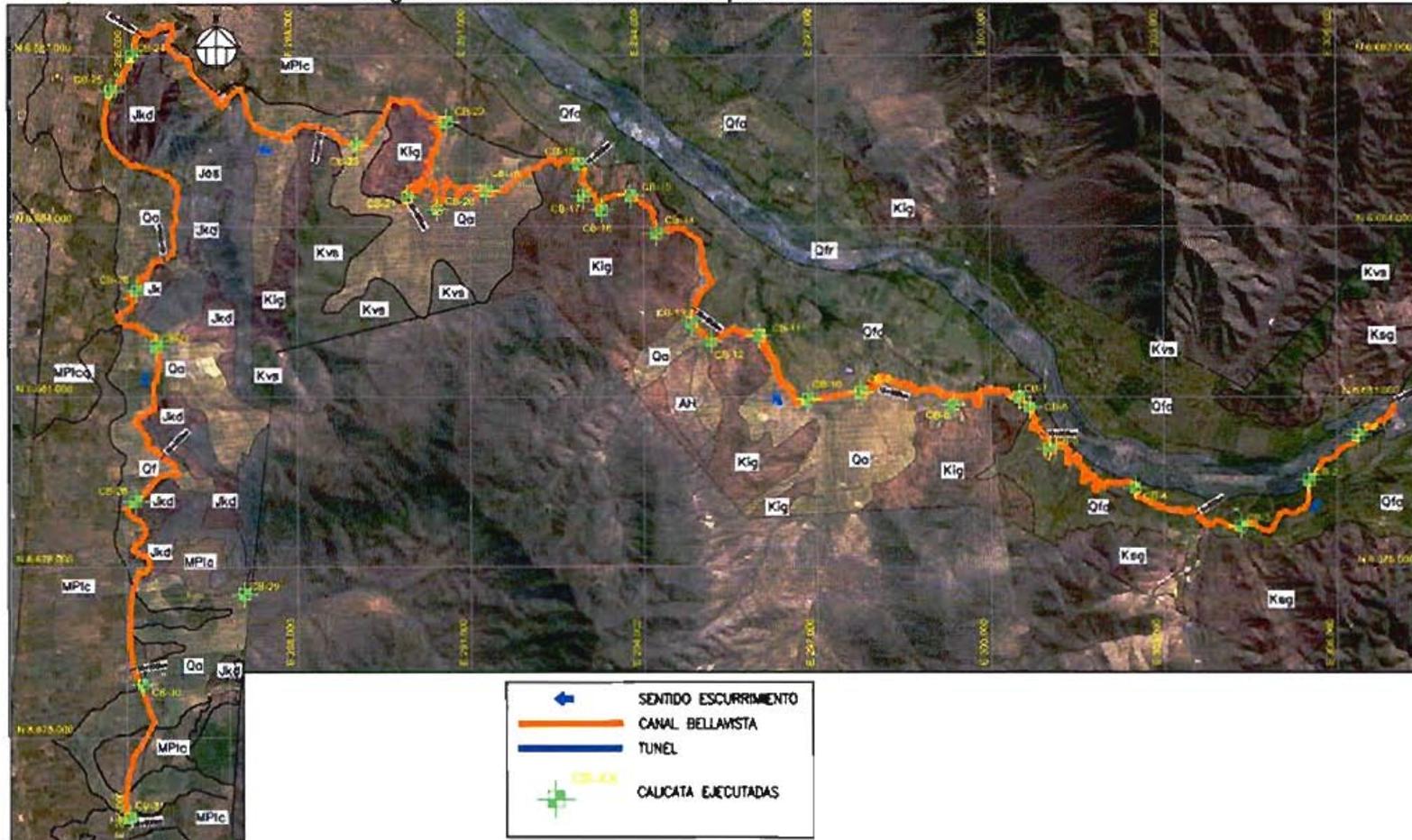
4.1 GENERALIDADES

La campaña de prospecciones efectuadas como parte de los estudios de apoyo a la Ingeniería de prefactibilidad en el canal Bellavista, se desarrolló entre los días 10 de Junio y 2 de Julio de 2014 y consideró las siguientes actividades:

- Excavación por medios mecánicos de 31 calicatas ubicadas a lo largo del trazado del canal, de hasta 3 m de profundidad.

Estas prospecciones, cuya ubicación se presenta en la Figura 4-1, fueron supervisadas en forma permanente por un Técnico Laboratorista de Arcadis y apoyado en forma parcial por Ingenieros Geotécnicos y prevencionista de riesgo, quienes efectuaron visitas técnicas a terreno durante su ejecución.

Figura 4-1. Ubicación de Prospecciones canal Bellavista.



4.1.1 Calicatas

Como parte de la campaña de exploraciones en el canal Bellavista, se proyectó inicialmente la excavación de 31 calicatas, de las cuales y debido a las condiciones del terreno solo se excavaron 30 (calicata cb-17 no se excavó por encontrarse en tramo de afloramiento rocoso), con un máximo de 3,3 m de profundidad mediante excavación manual. Cabe destacar que la profundidad nominal de excavación propuesta inicialmente para estas calicatas no se logró en todas debido a la presencia de roca y/o nivel freático en el fondo de la calicata. En la Tabla 4-1 se presenta la profundidad y coordenadas del conjunto de calicatas excavadas.

En cada calicata se efectuó una exhaustiva descripción estratigráfica y se procedió a la toma de muestras representativas de los distintos estratos detectados para, posteriormente, someterlas a ensayos de laboratorio. La excavación de las calicatas, su respectiva descripción estratigráfica y ensayos de densidad in situ estuvo a cargo de la empresa DPI en calidad de subcontrato de Arcadis.

Tabla 4-1. Resumen de Información de Calicatas.

Calicata	Coordenadas UTM (WGS84)		Profundidad (m)	Profundidad Nivel Freático (m)	Observaciones
	Norte	Este			
cb-01	6.680.330	306.367	1,50	1,43	suelo natural
cb-02	6.679.537	305.513	0,67	0,60	suelo natural
cb-03	6.678.725	304.336	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-04	6.679.399	302.505	1,50	no se detecta	clasto al fondo
cb-05	6.680.087	301.022	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-06	6.680.816	300.678	2,00	no se detecta	clasto al fondo
cb-07	6.681.003	300.493	3,30	no se detecta	suelo natural
cb-08	6.680.857	299.365	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-09	6.681.080	297.753	2,50	no se detecta	suelo natural
cb-10	6.680.961	296.842	2,30	no se detecta	suelo natural
cb-11	6.682.083	2.959.955	2,50	no se detecta	suelo natural
cb-12	6.681.974	295.164	2,30	2,27	suelo natural
cb-13	6.682.308	294.824	2,00	no se detecta	clasto al fondo
cb-14	6.683.883	294.226	1,70	no se detecta	clasto al fondo
cb-15	6.684.546	293.781	2,50	no se detecta	suelo natural
cb-16	6.684.292	293.281	2,00	1,70	suelo natural
cb-17	6.684.537	292.963	-	-	Sin excavar (corte rocoso)
cb-18	6.685.105	292.886	2,00	no se detecta	suelo natural

Tabla 4-1. Resumen de Información de Calicatas.

Calicata	Coordenadas UTM (WGS84)		Profundidad (m)	Profundidad Nivel Freático (m)	Observaciones
	Norte	Este			
cb-19	6.684.628	291.288	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-20	6.684.296	290.430	2,20	no se detecta	suelo natural
cb-21	6.684.518	289.911	2,00	no se detecta	clasto al fondo
cb-22	6.685.838	290.597	1,60	no se detecta	roca
cb-23	6.685.443	289.042	0,90	no se detecta	clasto al fondo
cb-24	6.687.005	285.112	1,80	no se detecta	suelo natural
cb-25	6.686.380	284.746	1,90	no se detecta	suelo natural
cb-26	6.682.871	285.183	0,95	no se detecta	clasto al fondo
cb-27	6.681.894	285.525	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-28	6.679.159	285.160	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-29	6.677.524	287.074	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-30	6.675.932	285.278	2,00	no se detecta	suelo natural
cb-31	6.673.601	285.043	2,00	no se detecta	suelo natural

4.2 DESCRIPCIÓN ESTRATIGRAFICA

A continuación, se presenta la descripción estratigráfica de las calicatas excavadas en el canal Bellavista, su registro fotográfico se presenta en Anexo B.

Calicata CB-01

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 1,50 Suelo natural compuesto por grava arenosa levemente limosa, color gris, humedad media, compacidad alta, cementación baja, fino de plasticidad nula, estructura homogénea, con presencia de raíces y raicillas muy aislada, grava de cantos redondeado y sub redondeados de origen fluvial de tamaño máximo 10". Tamaño máximo predominante 1 ½". Bolones y clastos 20%, gravas 40%, arenas 35% y finos 5%.

Nota: Presencia de napa a los 1,43 m.

Calicata CB-02

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 0,10 Capa vegetal

0,10 a 0,65 Suelo natural compuesto por grava arenosa levemente limosa, color gris, humedad alta, finos de plasticidad nula, compacidad alta, cementación leve, estructura homogénea, se observan raíces y raicilla al inicio del estrato y disminuyendo gradualmente con la profundidad, gravas de cantos redondeados y sub redondeado, tamaño máximo 12". Tamaño máximo predominante 1". Bolones y clastos 15%, gravas 50%, arenas 30% y finos 5%

Nota: Presencia de napa: 0,6 m

Calicata CB-03

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 0,90 Suelo natural compuesto por grava areno limosa, color gris café, humedad media, compacidad media a alta, finos de plasticidad baja, estructura homogénea, cementación leve, desmoronable al impacto, se observan raíces y raicillas en todo el estrato, gravas de cantos angulares y sub angulares tamaño máximo 7" y tamaño máximo predominante, 1". Bolones y clastos 10%, gravas 45%, arenas 35% y finos 20%.

0,90 a 2,00 Suelo natural compuesto por limo arenoso levemente arcilloso color café, humedad baja, consistencia alta, estructura homogénea, cementación alta, finos de plasticidad muy baja, se observan raíces y raicillas aisladas en todo el estrato, gravitas muy aisladas de cantos angulares, tamaño máximo 1 ½". Finos 80% y gravas 20 %.

Calicata CB-04

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 0,32 Suelo natural compuesto por limo areno gravoso, levemente arcilloso, color café claro, humedad baja, consistencia media, finos de plasticidad baja, cementación media, estructura errática, se observan raíces y raicillas en todo el estrato, grava de cantos redondeados y sub redondeados y escasas angulares. Se observan gravas meteorizadas muy aisladas de color blanquizo de tamaño máximo predominante 1". Limos 80%, arenas 10%, gravas y bolones 10%.

0,32 a 1,50 Suelo natural compuesto por grava arenosa y levemente limosa, color gris, humedad baja, compacidad alta y desmoronable al impacto, cementación baja, estructura errática, finos de plasticidad muy baja, grava de cantos sub redondeados y escasos redondeados, de origen efluviol glacial. Se observan raíces y raicillas en todo el estrato, gravas tamaño máximo 30" y tamaño máximo predominante 2 ½". Se observan gravas de granito meteorizada o descompuesta. Bolones y clastos 45%, gravas 25%, arenas 25% y finos 5%.

Calicata CB-05

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

- 0,00 a 0,17 Suelo natural compuesto por limo levemente arenoso, orgánico, color café oscuro. Humedad baja, consistencia muy baja, cementación nula, finos de plasticidad nula, estructura homogénea, abundantes raíces y raicillas en todo el estrato y abundante materia orgánica en descomposición, arenas 10% y finos 90%.
- 0,17 a 2,00 Suelo natural compuesto por roca fracturada meteorizado o descompuesta (maicillo), matriz arena fina a media limosa, color gris y café amarillenta, finos de plasticidad nula, estructura errática, humedad media, cementación muy alta, compacidad muy alta, se observan raíces muy aisladas al inicio del estrato y disminuyendo gradualmente con la profundidad. Arenas 75% y finos 25%.

Calicata CB-06

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

- 0,00 a 0,60 Relleno artificial compuesto por arena gruesa limosa, color gris, humedad media, compacidad baja a media, finos de plasticidad nula, cementación baja, estructura errática. Se observan abundantes raíces y raicillas en todo el estrato. Se observan clastos de granitos meteorizado o descompuesto de tamaño máximo 5". Arenas 90% y finos 10 %.
- 0,60 a 2,50 Suelo natural compuesto por arena gruesa limosa, color gris, humedad media, compacidad media a alta que se incrementa con la profundidad, cementación alta, finos de plasticidad nula, estructura homogénea. Se observan raicillas muy aisladas al inicio del pozo y disminuyendo gradualmente con la profundidad, se observan bolones y clastos muy aislado en pared nor-oriente. Se observan clastos de granitos semi descompuesta o meteorizadas. Arenas 95% y finos 5%

Calicata CB-07

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

- 0,00 a 0,50 Relleno artificial compuesto por arena gruesa a media limosa, color gris, humedad baja, compacidad baja, estructura homogénea, finos de plasticidad nula, cementación baja. Se observan raíces y raicillas aisladas en todo el estrato. Arena 95% y finos 5%.
- 0,50 a 3,30 Suelo natural compuesto por arena gruesa a media limosa, color gris humedad baja a media incrementando en profundidad, compacidad media a alta, finos de plasticidad nula, cementación media, estructura homogénea. Arenas 95 % y finos 5%.

Calicata CB-08

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

- 0,00 a 0,15 Relleno artificial compuesto por arena media limosa, color gris café, humedad alta, compacidad baja, cementación muy baja, estructura errática, finos de plasticidad nula. Se observan abundante raíces y raicillas en todo el estrato, así como abundante materia orgánica en descomposición. Arenas 80% y finos 20%
- 0,15 a 0,65 Suelo natural compuesto por limo levemente arenoso, color café oscuro, humedad muy alta, finos de plasticidad muy baja, estructura homogénea, consistencia baja. Se observan abundantes raíces y raicillas en todo el estrato. Finos 90% y arenas 10%
- 0,65 a 0,85 Suelo natural compuesto por, arena gruesa a media algo limosa, color gris, humedad alta, estructura errática, compacidad alta y desmoronable al impacto, finos de plasticidad nula, cementación leve al contenido de humedad natural. Se observan raicillas aisladas en todo el estrato. Arenas 95% y finos 5%
- 0,85 a 1,55 Suelo natural compuesto por limo areno arcillosa, color gris café, humedad muy alta, consistencia muy baja al contenido de humedad natural, finos de plasticidad media, estructura errática. Se observan bolsones "arenosos" color gris café amarillento en forma aislada. Finos 70% y arenas 30%
- 1,55 a 2,00 Suelo natural compuesto por arena gruesa a fina, color gris café, humedad alta, compacidad alta, demoronable al impacto, los finos presentan plasticidad nula, estructura homogénea, cementación leve al contenido de humedad natural. Se observan abundantes partículas de pirita muy brillante. Arenas 90% y fino 10%.

Calicata CB-09

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

- 0,00 a 1,10 Relleno artificial compuesto por arena finas a media limosa, con gravas muy aisladas, color gris café, humedad media, compacidad baja, cementación baja, estructura errática, finos de plasticidad nula. Se observan abundantes raíces y raicillas en todo el estrato. Las gravas presentes poseen un tamaño máximo 4" de cantos sub angulares. Arenas 80 %, finos 15 % y gravas 5 %.

- 1,10 a 1,50 Relleno artificial compuesto por arena gruesa a media levemente limosa, color gris blanquizco, humedad baja, compacidad media y muy suelta al impacto (desmoronable), finos de plasticidad nula, cementación nula. Arenas 90 % y finos 10 %
- 1,50 a 2,00 Relleno artificial compuesto por abundante bolones y clastos en matriz arenc-limosa, color gris café, humedad media, compacidad baja a media, suelta al impacto, estructura errática, finos de plasticidad baja, cementación nula. Las gravas y bolones presentes presentan cantos sub angulares a angulares y sub redondeados, tamaño máximo 12" tamaño máximo predominante 4" bolones. Bolones 75 %, gravas 10 %, arenas 10% y finos 5%
- 2,00 a 2,50 Suelo natural compuesto por arena limo-arcillosa, color café, humedad media, compacidad media a alta, finos de plasticidad baja a media, estructura homogénea, cementación alta, se observan gravas incrustada con alta trabazón mecánica. Tamaño máximo 2 1/2". Arenas 70%, finos 25%y gravas 5%

Nota: Estratigrafía se realiza desde superficie ante un eventual derrumbe.

Calicata CB-10

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

- 0,00 a 0,80 Relleno artificial compuesto por arena gravo limosa, color gris, humedad media, humedad media y desmoronable al impacto, finos de plasticidad nula, cementación baja al contenido de humedad natural, estructura errática. Se observan raíces y raicillas en todo el estrato. Las gravas y bolones presentan cantos sub-angulares. Tamaño máximo 10", tamaño medio 1 1/2". Gravav y bolones 45%, arenas 50% y finos 5%.
- 0,80 a 1,20 Suelo natural compuesto por arena gravosa, color gris, humedad baja, compacidad media a baja, desmoronable al tacto, cementación muy baja, estructura homogénea, de origen fluvial, gravas y bolones de cantos sub angulares y escasas sub angulares. Tamaño máximo 5". Gravav 20%, arenas 75% y finos 5%.
- 1,20 a 2,30 Suelo natural compuesto por arena media a fina limosa (tipo maicillo), color gris amarillento, humedad baja, compacidad muy alta, estructura homogénea, cementación alta, finos de plasticidad muy baja. Se observan pequeñas partículas de arena gruesa de origen cuarzosa, tamaño máximo 1/4". Arenas 75% y finos 25%.

Calicata CB-11

Profundidad [m]	Descripción estratigráfica
0,00 a 0,20	Capa vegetal
0,20 a 1,50	Relleno artificial compuesto por arena muy fina limosa, color gris, humedad media, compacidad media al contenido de humedad natural, cementación baja, finos de plasticidad nula, estructura homogénea, Presencia raíces y raicillas dispersas en todo el estrato. Arenas 95% y finos 5%.
1,50 a 2,50	Suelo natural compuesto por arena gruesa a media limosa (tipo maicillo), color gris, humedad alta, compacidad alta, estructura homogénea, cementación alta al contenido de humedad natural, finos de plasticidad nula, raíces muy aislada al inicio del estrato, abundantes partículas de pirita, en todo el estrato, al fondo del pozo en maicillo se observa como tipo roca meteorizada, descompuesta. Arenas 95 % y finos 5%.

Calicata CB-12

Profundidad [m]	Descripción estratigráfica
0,00 a 0,70	Suelo natural compuesto por arena limo gravoso, color café, humedad baja a media, finos de plasticidad baja, estructura homogénea, compacidad muy alta, cementación alta, gravas de alta trabazón mecánica entre partículas, de cantos sub angulares, y sub redondeados, tamaño máximo 10". Se observan raíces y raicillas dispersas en todo el estrato. Arenas 60%, finos 30% y gravas 10%.
0,70 a 1,15	Suelo natural compuesto por limo arenoso con gravas muy aislada, color café, humedad media, consistencia alta, estructura homogénea, finos de plasticidad baja. Se observan raicillas aisladas en todo el estrato, gravas de cantos angulares y sub angulares, tamaño máximo 5". Gravas 10%, arenas 20% y finos 70%.
1,15 a 2,30	Suelo natural compuesto por grava areno limosa, color gris café, humedad alta, finos de plasticidad baja, estructura errática, cementación media, compacidad muy alta desmoronable al impacto, gravas de origen fluvio glacial, de cantos sub angulares y sub redondeado, tamaño máximo 25". Se observan raicillas aisladas al inicio de estrato y disminuyendo gradualmente con la profundidad. Gravas y bolones 60%, arenas 35% y finos 5%.

Nota: Se observa espejo de agua a los 2,28 m. No se toma densidad.

Calicata CB-13

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

- 0,00 a 0,45 Suelo natural compuesto por limo arenoso color café, humedad media, consistencia baja al contenido de humedad natural, finos de plasticidad baja, estructura homogénea. Se observan raíces y raicillas dispersas en todo el estrato. Finos 85% y arenas 15%.
- 0,45 a 1,10 Suelo natural compuesto por arena limo - gravoso con bolones y clastos aislados, color café, humedad baja, compactación alta, cementación alta, finos de plasticidad baja, estructura homogénea. Se observan raíces aisladas, gravas de alta trabazón mecánica entre partículas. Gravas y bolones de cantos sub angulares y sub redondeados. Tamaño máximo 21". Arenas 40%, finos 40%, bolones y gravas 20%.
- 1,10 a 2,00 Suelo natural compuesto por grava areno - limosa, color gris, humedad baja, compactación alta, cementación alta, estructura errática, finos de plasticidad muy baja, gravas de cantos sub redondeados y sub angulares, de origen fluvio glacial, desmoronable al impacto. Tamaño Máximo 30". Se observan raíces muy aisladas en todo el estrato, Bolones y clastos 35%, gravas 35%, arenas 25% y finos 5%.

Nota: No se toma densidad por presencia de clastos en el fondo del pozo

Calicata CB-14

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

- 0,00 a 0,20 Capa vegetal
- 0,10 a 0,85 Suelo natural compuesto por arcilla areno gravosa, color café, humedad alta, finos de plasticidad alta estructura homogénea de tipo migajón, consistencia media, abundantes raíces y raicillas en todo el estrato, gravas de cantos angulares y sub angulares, tamaño máximo 6" y tamaño máximo predominante 1". Finos 40% arenas 30% y gravas 30%.
- 0,85 1,50 Suelo natural compuesto por grava areno limosa color gris café blanquizco, humedad alta, finos de plasticidad baja, estructura errática, cementación alta, compactación alta a muy alta con la profundidad, de excelente trabazón mecánica entre partículas, se observan raíces y raicillas, gravas envueltas en una película de color blanquizco de carbonatos o cal, de cantos angulares y sub angulares, tamaño máximo 14" y tamaño máximo predominante 1" de origen glacial. Gravas 50% arenas 35% y finos 15%. Al fondo del pozo presencia de bolones y clastos.

Calicata CB-15

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 0,45 Suelo natural compuesto por limo arenoso, color café, humedad media, consistencia baja, estructura homogénea, finos de baja plasticidad, abundantes raíces y raicillas en todo el estrato y materia orgánica en descomposición. Se observan gravas de cantos angulares y sub angulares, tamaño máximo 3", gravas en forma muy aislada. Finos 70%, arenas 25% y gravas 5%.

0,45 a 1,65 Suelo natural compuesto por arena gravo limosa, color gris, humedad baja, compacidad baja a media incrementando con la profundidad, finos de baja plasticidad, estructura homogénea, abundantes raíces y raicillas en todo el estrato, gravas angulares y sub angulares, tamaño máximo 6". Arenas 55%, gravas 25% y finos 20%.

1,65 a 2,50 Suelo natural compuesto por grava arenosa algo limosa, color gris, humedad baja, compacidad muy alta, cementación alta. Finos de plasticidad nula, estructura homogénea, gravas de excelente trabazón mecánica entre partículas, de cantos angulares y de tamaño máximo 7". Tamaño máximo predominante 1/2". Gravos 60%, arenas 30% finos 10%.

Nota: Al fondo del pozo en pared sur aparece roca muy fracturada, con la pendiente del cerro.

Calicata CB-16

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 0,10 Capa vegetal

0,10 a 1,15 Suelo natural compuesto por grava arena limosa, color gris, humedad alta, compacidad media, finos de plasticidad nula, estructura errática, cementación nula desmoronable al impacto, gravas de cantos angulares y sub angulares. Tamaño máximo 15". Presencia de abundantes raíces y raicillas en todo el estrato. Se observa un lente limo arenoso entre 0,70 y 0,85 m de color café, humedad muy alta, consistencia baja, finos de plasticidad baja. Gravos 35%, arenas 40% finos 25%.

1,15 a 2,00 Suelo natural compuesto por arena gruesa a media levemente limosa, color gris, humedad muy alta que aumenta con la profundidad, compacidad alta, cementación nula, finos de plasticidad nula, estructura homogénea, arenas con abundantes partículas de cuarzo. Arenas 95% y finos 5%.

Nota: Se observa nivel de agua a los 1,65 m. No se toma densidad.

Calicata CB-17

No se realiza calicata por encontrarse en sector rocoso. Se aprecia fuerte filtración aguas abajo del canal.

Calicata CB-18

Profundidad [m]	Descripción estratigráfica
0,00 a 0,20	Relleno artificial compuesto por limo arenoso color café, humedad media, consistencia baja, finos de plasticidad baja, estructura homogénea, abundante materia orgánica en descomposición y abundantes raíces y raicilla en todo el estrato. Arenas 45% y finos 55%.
0,20 a 1,80	Suelo natural compuesto por grava arena arcillosa, levemente limosa. Color café, humedad media, compacidad muy alta, estructura homogénea, finos de plasticidad alta, gravas de cantos angulares y sub angulares de origen glaciario, tamaño máximo 13" y tamaño máximo predominante 11/2", abundante raíces y raicillas en todo el estrato. Se observan gravas descompuestas color blanquizco de carbonatos o cal. Gravos 45%, arenas 25% y finos 30%.

Calicata CB-19

Profundidad [m]	Descripción estratigráfica
0,00 a 0,10	Capa vegetal
0,10 a 0,45	Relleno artificial compuesto por arena muy fina limosa, color café humedad alta, consistencia baja, estructura homogénea, finos de plasticidad nula, cementación baja, abundantes raíces y raicillas en todo el estrato. Arenas 55% y finos 45%.
0,45 a 1,30	Suelo natural compuesto por arcilla arena gravosa, levemente limosa, color gris y café, humedad alta, estructura errática, gravas de cantos angulares y sub angulares, tamaño máximo 10", tamaño máximo predominante 2", raíces y raicillas dispersas en todo el estrato. Gravos 35%, arenas 40% y finos 25%.
1,30 a 2,20	Suelo natural compuesto por grava arenosa levemente limosa, color gris y café, humedad media, compacidad muy alta, cementación media, estructura errática, finos de plasticidad baja, raíces y raicillas en todo el estrato. Gravos de cantos sub redondeados y sub angulares, tamaño máximo 15" y tamaño máximo predominante 11/2". Gravos bien trabados mecánicamente entre partículas. Gravos 60%, arenas 35% y finos 5%. Al fondo del pozo se observan bolones y clastos.

Calicata CB-20

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 1,10 Suelo natural compuesto por grava areno limosa, color gris y café amarillento, humedad baja, compacidad alta y desmoronable al impacto, estructura errática, cementación baja, plasticidad baja, abundantes raíces y raicillas en todo el estrato. Gravas de cantos angulares y sub angulares, tamaño máximo 15%, tamaño máximo predominante 11/2". Gravas 50%, arenas 35% y finos 15%.

1,10 a 2.00 Suelo natural compuesto por arena limo gravosa (de tipo maicillo) color gris y café amarillento, humedad media, compacidad alta, estructura homogénea, finos de plasticidad baja, cementación baja, raicillas muy aisladas, gravas de cantos sub redondeados y sub angulares, tamaño máximo 4" y tamaño máximo predominante 1". Arenas 75%, gravas 15% y finos 10%.

Calicata CB-21

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,10 a 0,80 Suelo natural compuesto por grava areno limosa, color gris y café, humedad media, compacidad media, desmoronable al impacto, cementación baja, finos de plasticidad baja, estructura errática, abundantes raíces y raicillas en todo el estrato, grava de cantos angulares y sub angulares de origen glaciario, tamaño máximo 20" y tamaño máximo predominante 4". Gravas y bolones 50%, arenas 35% y finos 15%.

Calicata CB-22

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 0,30 Relleno artificial compuesto por limo areno gravoso, gris y café claro, humedad media, consistencia media, estructura homogénea, cementación baja, finos de plasticidad nula, raíces y raicillas en todo el estrato, gravas de cantos angulares, tamaño máximo 5" y tamaño máximo predominante 11/2". Finos 40%, arenas 40% y gravas 20%.

0,30 a 1,60 Suelo natural compuesto por roca altamente fracturada, y por sectores descompuesta en matriz areno limosa color gris y café, humedad baja, compacidad muy alta, estructura errática, cementación muy alta, raíces y raicillas en todo el estrato disminuyendo gradualmente con la profundidad, gravas de cantos angulares. Gravas 95% y finos 5%.

Calicata CB-23

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 0,20 Relleno artificial compuesto por limo areno gravoso levemente arcilloso, color café, consistencia baja, estructura homogénea, finos de plasticidad baja, humedad alta, gravas de cantos sub redondeados y sub angulares, tamaño máximo 5" y tamaño máximo predominante 2", abundantes raíces y raicillas en todo el estrato. Finos 45% arenas 40% y gravas 15%.

0,20 a 0,90 Suelo natural compuesto por grava areno arcillosa levemente limosa, color gris y café, humedad muy alta, estructura errática, finos de plasticidad media, cementación baja, abundante raíces y raicillas al inicio del estrato y disminuyendo gradualmente con la profundidad. Se observan gravas bolones y clastos de cantos angulares y sub angulares de origen glacial de tamaño máximo 21" y tamaño máximo predominante 6". Gravas, bolones y clastos 65%, arenas 20% y finos 15%.

Calicata CB-24

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 0,10 Capa vegetal

0,10 a 1,10 Suelo natural compuesto por limo areno gravoso con abundantes bolones y clastos en todo el estrato, color café, humedad media, consistencia media, estructura errática, finos de baja plasticidad, gravas bolones y clastos de cantos angulares y sub angulares, tamaño máximo 18" y tamaño máximo predominante 7" bien trabado mecánicamente entre partículas. Se observan raíces y raicillas en todo el estrato. Bolones y clastos 45%, gravas 15%, arenas 20% y finos 20%.

1,10 a 1,80 Suelo natural compuesto por arena limo gravoso, color café, humedad media, compacidad alta a muy alta aumentando con la profundidad, finos de plasticidad baja, estructura homogénea, gravas de cantos sub angulares y sub angulares. Tamaño máximo 6", tamaño máximo predominante 1" raíces y raicillas dispersas en todo el estrato. Arenas 40%, gravas 25% y finos 35%. Al fondo del pozo se observan gran cantidad de clastos y bolones cerrando por completo el fondo del pozo.

Nota: No se toma densidad por presencia de clastos.

Calicata CB-25

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 1,90 Suelo natural compuesto por limo areno gravoso con abundantes clastos, color café, humedad media, consistencia media, finos de plasticidad baja, estructura errática, abundantes raíces al inicio del estrato y disminuyendo gradualmente con la profundidad, abundantes clastos y bolones, gravas de cantos angulares y sub angulares de tamaño máximo 30" y tamaño máximo predominante 5". Bolones y clastos 30%, gravas 15% arenas 15% finos 40%.

Nota: Esta estratigrafía se realiza dentro de un pequeño tranque artificial.

Calicata CB-26

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 1,90 Suelo natural compuesto por arena muy fina limosa, color gris café, humedad alta, compacidad media, estructura homogénea, finos de plasticidad baja, cementación nula al contenido de humedad natural. Se observan raíces y raicillas en todo el estrato. Arenas 85% y finos 15%

0,43 a 0,95 Suelo natural compuesto por grava areno limosa levemente arcillosa, color gris café, humedad alta, compacidad alta, estructura errática, finos de plasticidad baja, cementación leve, raíces y raicillas en todo el estrato, gravas de cantos angulares y sub angulares. Tamaño máximo 18" y tamaño máximo predominante, 2". Gravas y bolones 65%, arenas 25% y finos 10%. Al fondo del pozo se cierra con clastos.

Nota: No se toma densidad por presencia de clastos.

Calicata CB-27

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 1,90 Suelo natural compuesto por arena muy fina a media gravo limosa, color gris, humedad media, compacidad media, estructura homogénea, finos de plasticidad nula, cementación leve al contenido de humedad natural. Abundantes raíces y raicillas en todo el estrato. Arenas 90% y finos 10%.

0,35 a 1,10 Suelo natural compuesto por arena fina a media gravosa, color gris, humedad baja, compacidad media, estructura homogénea, finos de plasticidad nula, cementación leve, abundantes raíces en todo el estrato, gravas de cantos sub angulares y sub redondeados. Tamaño máximo 2 1/2" y tamaño máximo predominante 1". Arenas 70%, gravas 20% y finos 10%.

1,10 a 2,00 Suelo natural compuesto por grava areno limosa, color gris, humedad media, compacidad media, finos de plasticidad nula, estructura homogénea, cementación leve, abundantes raíces y raicillas en todo el estrato. Gravas tamaño máximo 12" y tamaño máximo predominante 1 1/2". Gravas y bolones 40%, arenas 45% y finos 15%.

Calicata CB-28

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 0,25 Suelo natural compuesto por limo arcillo gravoso, levemente arenoso, color café amarillento, humedad alta, consistencia media, estructura homogénea, finos de plasticidad alta, se observan raíces aisladas en todo el estrato, gravas de cantos sub angulares y sub redondeados. Tamaño máximo 3" gravas en forma aislada. Gravas 10%, arenas 5% y finos 85%.

0,25 a 1,55 Suelo natural compuesto por limo arenoso con gravas y bolones aislados, color café amarillento, humedad media a alta, finos de plasticidad baja, estructura homogénea, consistencia alta a muy alta que se incrementa con la profundidad, se observan pigmentaciones de carbonatos o cal al inicio del estrato y disminuyendo gradualmente con la profundidad, gravas de cantos sub angulares y sub redondeados. Tamaño máximo 8", tamaño máximo predominante 1". Gravas 10%, arenas 20% y finos 70%.

1,55 a 2,00 Suelo natural compuesto por roca fracturada y descompuesta, en matriz limo arenoso, color gris, café amarillento, humedad media compacidad muy alta, cementación muy alta, estructura homogénea, finos de plasticidad nula.

Calicata CB-29

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

0,00 a 1,30 Suelo natural compuesto por limo areno gravoso, color gris café, humedad media, compacidad baja a media con la profundidad, finos de plasticidad nula, estructura homogénea, cementación leve, desmoronable al impacto, abundantes raíces y raicillas en todo el estrato, gravas y bolones de cantos sub redondeados y sub angulares, tamaño máximo 12" tamaño máximo predominante 1 1/2". gravas 30%, arenas 55% y finos 15%

1,30 a 2,00 Suelo natural compuesto por grava arenosa a arena gruesa, limpia levemente limosa, color gris, humedad media, compacidad alta, muy desmoronable al impacto, finos de plasticidad nula, estructura homogénea, cementación baja, al contenido de humedad natural. Se observan raíces y raicillas muy aisladas en todo el estrato. Gravas de cantos sub redondeados y sub angulares. Tamaño máximo 2" tamaño máximo predominante 1". Gravas 15%, arenas 80% y finos 5%.

Calicata CB-30

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

- 0,00 a 0,70 Relleno artificial compuesto por arena muy fina limosa, color gris, humedad muy alta, finos de plasticidad baja, estructura homogénea, cementación baja al contenido de humedad natural, se observan raicillas aisladas. En pared oriental se observan plástico y huesos, etc. Arenas 80% y finos 20%.
- 0,70 a 1,40 Suelo natural compuesto por arena grava limosa, color café, humedad muy alta, finos de baja plasticidad, estructura homogénea, cementación baja al contenido de humedad natural, se observan raicillas aisladas, gravas de cantos sub redondeados y sub angulares. Tamaño máximo 2", tamaño máximo predominante 1/2". Arenas 55%, gravas 30% y finos 15%.
- 1,40 a 2,00 Suelo natural compuesto por grava arena limosa, color gris café, humedad muy alta a saturada al fondo del pozo, compacidad alta desmoronable al impacto, finos de plasticidad nula, estructura homogénea, gravas de cantos sub redondeados y sub angulares. Tamaño máximo 10" y tamaño máximo predominante, 1/2". Se observan raíces y raicillas en todo el estrato, gravas de origen fluvial. Gravas 60%, arenas 35% y finos 5%.

Calicata CB-31

Profundidad [m] Descripción estratigráfica

- 0,00 a 0,35 Suelo natural compuesto por arena limo gravosa, color gris café, humedad media, compacidad alta, estructura homogénea, finos de plasticidad nula, cementación media al contenido de humedad natural, se observan abundantes raicillas en todo el estrato. Gravas de cantos sub angulares. Tamaño máximo 5", tamaño predominante 1". Arenas 75%, gravas 15% y finos 10%.
- 0,35 a 1,40 Suelo natural compuesto por arena limosa, color gris café amarillento, humedad baja, compacidad muy alta, cementación muy alta, estructura homogénea, finos de plasticidad baja, (roca descompuesta) se observan pequeñas gravitas aisladas de cantos sub angulares de tamaño máximo 1/2" de excelente trabazón entre partículas. Finos 30%, gravas 5% y arenas 65%.
- 1,40 a 2,00 Suelo natural compuesto por grava arena limosa, color gris café, humedad media, compacidad muy alta, cementación muy alta, estructura homogénea, gravas muy bien graduada, de cantos sub angulares, y sub redondeados. Tamaño máximo 10" y tamaño máximo predominante 1", cementación alta, excelente trabazón entre partículas. Gravas 60%, arenas 35% y finos 5%.

4.3 PROGRAMA DE ENSAYOS

Con el propósito de caracterizar los materiales detectados superficialmente y poder clasificar los materiales de fundación de las posibles obras del área de estudio, se programaron ensayos de laboratorio sobre muestras representativas de suelos extraídas de las calicatas, los cuales fueron ejecutados por Laboratorio Andino.

4.3.1 Propiedades Índices

El resumen de los resultados de los ensayos granulométricos efectuados sobre las muestras extraídas de las calicatas se presentan en la Tabla 4-2, las cuales, en su totalidad clasifican como gravas y arenas.

De los resultados de los ensayos ejecutados para este estudio, se deduce que las unidades de suelo corresponden básicamente a gravas y arenas de plasticidad baja a nula, las cuales presentan contenidos de finos variables entre un 4% a 43%, un contenido de arenas entre 15% a 59%, un contenido de gravas entre un 0% a 66% y un contenido de sobretamaño entre 0% y 22%.

Los certificados de estos ensayos se adjuntan en el Anexo A del presente documento.

Tabla 4-2. Resultados granulométricos.

Identificación Muestra	Tipo Muestra	Profundidad (m)		Clasificación completa							
		Inicio	termino	% Sobretamaño	% Gravos	% Arenas	% Finos	Peso Específico, Gs	Límite Líquido, LL (%)	Índice de Plasticidad, IP (%)	Clasificación USCS
cb-01	Suelo	0,00	1,50	0	66	26	8	2,72	19,0	NP	GP-GM
cb-02	Suelo	0,10	0,80	0	51	42	7	2,72	20,0	NP	GW-GM
cb-03	Suelo	1,00	2,00	0	57	32	11	2,71	19,0	NP	GW-GM
cb-04	Suelo	0,30	1,50	15	57	22	6	2,71	23,0	3,0	GP-GM
cb-05	Suelo	0,30	2,00	14	42	32	12	2,71	26,0	5,0	GP-GC
cb-06	Suelo	0,60	2,50	0	34	47	19	2,71	19,0	NP	GW-GM
cb-07	Suelo	0,60	3,30	0	31	53	16	2,71	18,0	NP	SM
cb-08	Suelo	0,80	2,00	0	15	51	34	2,70	27,0	6,0	SC-SM
cb-09	Suelo	2,00	2,50	0	34	41	25	2,70	24,0	3,0	SM
cb-10	Suelo	1,50	2,30	0	34	47	19	2,71	18,0	NP	SM
cb-11	Suelo	1,10	1,80	0	0	59	41	2,69	22,0	3,0	SM
cb-12	Suelo	0,30	2,30	0	58	27	15	2,71	23,0	4,0	GC-GM
cb-13	Suelo	0,80	2,10	7	65	24	4	2,72	25,0	3,0	GP
cb-14	Suelo	0,20	1,70	5	53	31	11	2,71	19,0	NP	GP-GM

Tabla 4-2. Resultados granulométricos.

Identificación Muestra	Tipo Muestra	Profundidad (m)		Clasificación completa							
		Inicio	termino	% Sobretamaño	% Gravas	% Arenas	% Finos	Peso Específico, Gs	Límite Líquido, LL (%)	Índice de Plasticidad, IP (%)	Clasificación USCS
cb-15 (1)	Suelo	0,20	1,20	0	58	34	8	2,70	19,0	NP	GP-GM
cb-15 (2)	Suelo	1,20	2,50	0	81	15	4	2,72	20,0	NP	GP
cb-16	Suelo	1,10	2,00	22	36	30	12	2,72	26,0	4,0	GP-GM
cb-18	Suelo	0,40	2,00	0	47	35	18	2,71	29,0	8,0	GC
cb-19	Suelo	0,60	2,30	8	31	40	21	2,71	24,0	3,0	SM
cb-20	Suelo	1,20	2,00	0	59	28	13	2,72	27,0	5,0	GC-GM
cb-21	Suelo	0,40	1,00	0	61	28	11	2,72	18,0	NP	GP-GM
cb-22	Suelo	0,30	1,80	0	75	17	8	2,72	19,0	NP	GP-GM
cb-23	Suelo	0,10	0,90	0	57	29	14	2,72	28,0	5,0	GM
cb-24	Suelo	0,70	1,80	7	47	32	14	2,72	27,0	6,0	GC-GM
cb-25	Suelo	0,00	1,30	8	44	32	16	2,71	31,0	10,0	GC
cb-26	Suelo	0,30	1,00	6	46	32	16	2,71	26,0	3,0	GM
cb-27	Suelo	1,20	2,00	0	58	33	9	2,70	20,0	NP	GW-GM
cb-28	Suelo	0,20	2,00	0	59	27	14	2,72	23,0	3,0	GM
cb-29	Suelo	0,60	2,00	0	51	33	16	2,72	19,0	NP	GM
cb-30	Suelo	0,80	2,00	0	47	40	13	2,71	18,0	NP	GM
cb-31	Suelo	0,70	2,25	0	48	41	11	2,71	19,0	NP	GP-GM

4.3.2 Ensayos In situ

Se realizaron ensayos de densidad in situ mediante el método de cono de arena en 10 calicatas, cuyos resultados se reportan en la Tabla 4-3. El detalle de estos ensayos se presenta en Anexo A del presente documento.

Tabla 4-3. Resultados ensayos de densidad in situ

Calicata	Profundidad de ensayo (m)	Densidad Húmeda, γ_w (t/m ³)
cb-03	2,00	1,80
cb-06	2,40	2,08
cb-07	3,30	2,12
cb-10	1,80	2,03
cb-11	2,50	1,68
cb-18	2,00	1,60
cb-20	2,00	2,06
cb-27	2,00	1,89
cb-28	2,00	1,48
cb-29	2,00	1,92

5 DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO

5.1 RESUMEN

Se presenta a continuación un diagnóstico geotécnico del canal Bellavista describiendo los principales hallazgos del recorrido del canal, según los aspectos geotécnicos asociados a caída de rocas, filtraciones, contaminaciones locales, fallas en taludes, etc. Dichos sectores corresponden a:

- Filtración quebrada Arrayán
- Presencia de agujeros generados por roedores.
- Deslizamientos de talud hacia el canal.
- Filtración en quebrada km 9,5.
- Filtración km 22,5

5.2 FILTRACIONES QUEBRADA ARRAYÁN

En este sector, correspondiente al inicio del trazado del canal, se observa que el suelo aguas abajo del canal se encuentra totalmente saturado, lo cual genera un riesgo de inestabilidad del pretil del canal. En la Figura 5-1 y Figura 5-2 se presenta un ejemplo de la problemática anteriormente señalada.

Figura 5-1. Filtración quebrada Arrayán, ARCADIS 2014



* Fuente: Elaboración Propia

Figura 5-2. Filtración quebrada Arrayán, ARCADIS 2014



* Fuente: Elaboración Propia

5.3 PRESENCIA DE AGUJEROS GENERADOS POR ROEDORES

También se verificó la existencia de sectores con presencia de agujeros generados por roedores en los taludes. En algunos sectores del canal este problema es recurrente y de acuerdo a lo conversado con el celador de este tramo este problema se acentúa en virtud de las sequías de los últimos años, propiciando el incremento de los riesgos de falla en los taludes asociados. En la Figura 5-3 y Figura 5-4 se presenta un ejemplo de los agujeros generados por roedores y las fallas de talud asociados.

Figura 5-3. Vista en detalle de agujero generado por roedores, ARCADIS 2014



* Fuente: Elaboración Propia

Figura 5-4. Falla de talud por debilitamiento, ARCADIS 2014



* Fuente: Elaboración Propia.

5.4 DESLIZAMIENTOS DE TALUD HACIA EL CANAL

En este tramo (entre el km 15 y km 20), en que el canal va en pendiente suave, se constató la presencia local de algunos deslizamiento de talud hacia el canal, los cuales podrían ocasionar estancamientos parciales o totales de este. Preliminarmente, se asume que deslizamientos se producen a raíz de debilitamiento del talud generado por precipitaciones intensas. En la Figura 5-5 se presenta un ejemplo de la problemática anteriormente señalada.

Figura 5-5. Deslizamientos de talud hacia el canal, ARCADIS 2014



* Fuente: Elaboración Propia

5.5 FILTRACIONES EN QUEBRADA KM 9,5.

En este sector, se observa una importante filtración aguas abajo del canal. En este tramo el canal va en ladera con pendiente media, a una altura aproximada de 5 m sobre el nivel del camino. Se pudo constatar que la filtración se prolonga aguas abajo del camino. En la Figura 5-6 y Figura 5-7 se presenta la filtración antes mencionada.

Figura 5-6. Km 9,5. Filtraciones talud a valle, ARCADIS 2014.



* Fuente: Elaboración Propia

Figura 5-7. Km 9,5. Filtraciones talud a valle, ARCADIS 2014.

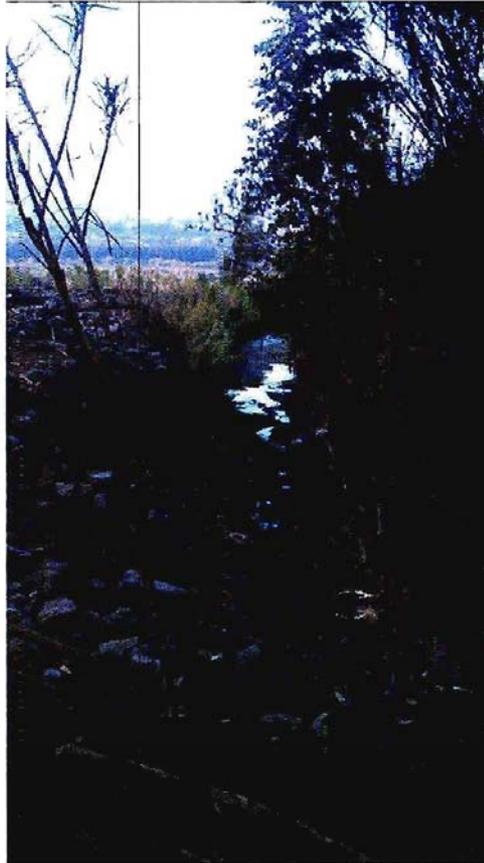


* Fuente: Elaboración Propia

5.6 FILTRACIONES KM 22,5.

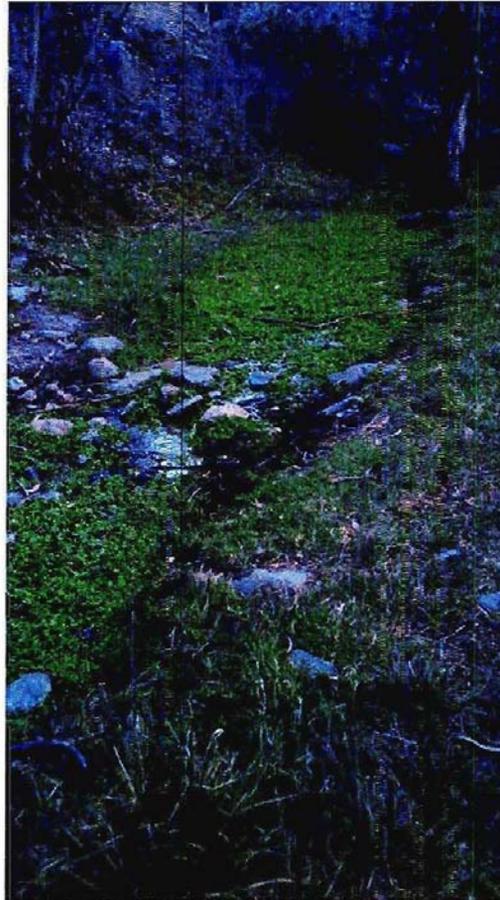
En esta área se apreció la presencia de una filtración en el talud a valle en el sector correspondiente al Km 22,5. En la Figura 5-8 y Figura 5-9 se presenta un ejemplo de la problemática anteriormente señalada.

Figura 5-8. Km22,5. Filtración talud a valle, ARCADIS 2014.



* Fuente: Elaboración Propia

Figura 5-9. Km 22,5. Filtración talud a valle, ARCADIS 2014.



* Fuente: Elaboración Propia

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

**“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y
BUZETA”**

N° 4184-1000-GO-INF-001_D

**INSPECCIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE LOS TÚNELES DEL
CANAL BELLAVISTA**

***NOTA: Nueva codificación reemplaza al documento: 4184-0000-GO-INF-003**

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	S. Rivano	P. Talloni	P. Zuñiga	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	16.05.14	16.05.14	16.05.14	
B	Nombre Firma	S. Rivano	P. Talloni	P. Zuñiga	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	28.08.14	28.08.14	28.08.14	
C	Nombre Firma	S. Rivano	P. Talloni	P. Zuñiga	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	25.09.14	25.09.14	25.09.14	
D	Nombre Firma	S. Rivano	P. Talloni	P. Zuñiga	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	05.11.14	05.11.14	05.11.14	

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

INSPECCIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE LOS TÚNELES DEL CANAL BELLAVISTA

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	11
2	OBJETIVOS.....	11
3	CANAL BELLAVISTA	11
4	CARACTERIZACIÓN DE LOS TÚNELES DEL CANAL BELLAVISTA	13
4.1	TÚNEL LAS ROJAS.....	13
4.1.1	Generalidades.....	13
4.1.2	Geología.....	15
4.1.3	Caracterización Geológico-Geotécnica.....	16
4.1.4	Conclusiones y Recomendaciones.....	28
4.2	TÚNEL PORVENIR.....	29
4.2.1	Generalidades.....	29
4.2.2	Geología.....	30
4.2.3	Caracterización Geológico-Geotécnica.....	32
4.2.4	Conclusiones y Recomendaciones.....	42
4.3	TÚNEL LOS BURROS.....	43
4.3.1	Generalidades.....	43
4.3.2	Geología.....	44
4.3.3	Caracterización Geológico-Geotécnica.....	44
4.3.4	Conclusiones y recomendaciones.....	48
4.4	TÚNEL QUILACÁN 1.....	49
4.4.1	Generalidades.....	49
4.4.2	Geología.....	49
4.4.3	Caracterización Geológico-Geotécnica.....	50
4.4.4	Conclusiones.....	54
4.5	TÚNEL QUILACÁN 2.....	55
4.5.1	Generalidades.....	55
4.5.2	Geología.....	56
4.5.3	Caracterización Geológico-Geotécnica.....	56
4.5.4	Conclusiones y Recomendaciones.....	59
4.6	TÚNEL QUILACÁN 3.....	59
4.6.1	Generalidades.....	59
4.6.2	Geología.....	61
4.6.3	Caracterización Geológico-Geotécnica.....	61
4.6.4	Conclusiones.....	66

4.7	TÚNEL QUILACÁN 4.....	67
4.7.1	Generalidades.....	67
4.7.2	Geología.....	68
4.7.3	Caracterización Geológico-Geotécnica	68
4.7.4	Conclusiones y Recomendaciones.....	72
4.8	TÚNEL QUILACÁN 5.....	73
4.8.1	Generalidades.....	73
4.8.2	Geología.....	73
4.8.3	Caracterización Geológico-Geotécnica	74
4.8.4	Conclusiones.....	77
4.9	TÚNEL EL MEMBRILLO	78
4.9.1	Generalidades.....	78
4.9.2	Geología.....	79
4.9.3	Caracterización Geológico-Geotécnica	79
4.9.4	Conclusiones.....	84
4.10	TÚNEL LA CACHINA	84
4.10.1	Generalidades.....	84
4.10.2	Geología.....	85
4.10.3	Caracterización Geológico-Geotécnica	86
4.10.4	Conclusiones y Recomendaciones.....	94

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO C PUNTOS GPS Y FOTOGRAFÍAS RESPECTIVAS

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1: Ubicación canal Bellavista. El trazado del canal se indica en blanco y en azul los túneles (sólo se indican los principales).	12
Figura 4-1.- Imagen Google Earth del sector de los túneles mostrando su localización (Los túneles en trazo azul y canal en trazo blanco).	13
Figura 4-2.- Ubicación y trazado del túnel Las Rojas proyectado en superficie. En color blanco trazado, en rojo sistemas estructurales. Puntos rojos y blancos puntos GPS.	15
Figura 4-3.- Ubicación del trazado del túnel Porvenir (en blanco tramos recorridos, en amarillo tramo sin reconocer. En rojo sistemas estructurales; puntos blancos 1era visita, puntos rojos 2ª visita con túnel sin agua.)	30
Figura 4-4.- Esquema explicativo de la discontinuidad del túnel Porvenir en el punto 780 m.....	42
Figura 4-5.- Trazado del túnel los Burros y ubicación mediante GPS de las Fotografías.....	43
Figura 4-6.- Trazado rectilíneo del túnel Quilacán 1 y ubicación de los puntos GPS.	49
Figura 4-7.-Trazado del Túnel Quilacán 2 (en azul) ubicado entre los túneles Quilacán 1 y 3 (en trazos blancos a derecha e izquierda respectivamente). Se indican los puntos GPS y en rojo los sistemas estructurales.....	55
Figura 4-8.- Trazado del Túnel Quilacán 3 mostrando los sistemas estructurales predominantes (en rojo) y los puntos GPS asociados a las fotografías.....	60
Figura 4-9.- Trazado del túnel Quilacán 4 (en trazo blanco) con la localización de los puntos GPS de las fotografías y las orientaciones de los principales sistemas estructurales (en trazos rojos).	68
Figura 4-10.- Trazado del túnel Quilacán 5 y su relación con singularidades de la superficie. (En blanco trazado; en rojo sistemas estructurales).....	73
Figura 4-11.- Localización del túnel El Membrillo proyectada en superficie, para mostrar interferencias de singularidades superficiales con el túnel. (En trazo blanco trazado del túnel; en globo rojo se indica ubicación de "lumbreira").	78
Figura 4-12.- Trazado del Tnel La Cachina ilustrando sus singularidades, sistemas estructurales y puntos GPS de fotografías. (En blanco trazado túnel, en verde cajón, en rojo fracturas, globo rojo indica posición de "lumbreira").....	85

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 4-1.- Vista del portal de entrada del túnel Las Rojas. GPS LR 6.....	17
Fotografía 4-2.- Vista del portal de entrada del túnel las Rojas sin agua. GPS TB 094.....	18
Fotografía 4-3.- Núcleos de roca más fresca con tamaño de bloques colgando de la clave del túnel, en los primeros 28 m. Se aprecia además la gran cantidad de raíces que han atravesado la roca meteorizada. GPS LR 9.	18
Fotografía 4-4.- Ejemplo de socavamientos en la clave por desprendimiento de planchones de roca meteorizada favorecidos por la presencia de fracturas (diaclasas). GPS LR 19.	19
Fotografía 4-5.- Ejemplo de basura (principalmente plástico) acumulada en una anfractuosidad de la clave del techo, demostrando la altura que alcanza el caudal en régimen máximo. GPS LR 12.....	19
Fotografía 4-6.- Otro ejemplo, esta vez pasto y una botella de plástico atrapada en el techo o clave del túnel, lo que demuestra que el túnel ha funcionado en presión frecuentemente en esta parte del túnel. GPS TB 099.....	20
Fotografía 4-7.- Trazas de las perforaciones utilizadas durante la excavación del túnel Las Rojas, para dinamitar zonas de roca más frescas y duras al inicio del tramo 2 (28 m). GPS TB 101.	21
Fotografía 4-8.- Otro ejemplo de trazas de perforaciones mostrando la dureza de la roca a los 111 m del túnel en el tramo 2. GPS TB 111.	21
Fotografía 4-9.- Aspecto de la clave del túnel, a los 50 m, controlada por un sistema de fracturas cercanamente subhorizontales que mantean hacia el lado derecho del túnel (NE) y que además han originado planchoneos. GPS TB 107.....	22
Fotografía 4-10.- Aspecto de la sección del túnel a los 33 m mostrando un perfil rectangular, el que es controlado por fracturas subhorizontales y subverticales más o menos paralelas al trazado del túnel. GPS LR 16.....	22
Fotografía 4-11.- Sección del túnel sin agua a los 180 m mostrando, mostrando el piso irregular del túnel. GPS TB 129.	23
Fotografía 4-12.- Otra sección del túnel a los 42 m en donde se observa el piso limpio, a excepción de unos bloques desprendidos desde la clave. GPS TB 104.....	23
Fotografía 4-13.- Detalle de la pared derecha y clave mostrando una fractura abierta con relleno de basura, en el sector del túnel entre 42 y 57 m, confirmando que este túnel entra en presión en algunas ocasiones. GPS TB 103.....	24
Fotografía 4-14.- Detalle del túnel a los 55 m; se aprecia claramente el nivel del caudal máximo en el costado derecho de la clave del túnel demostrando la entrada en presión frecuente en esta parte del túnel. Se observan, además, bloques grandes y basura retenidos en esta sección del túnel. GPS TB 104.	24
Fotografía 4-15.- Detalle de bloque situado en el piso del túnel, desprendido desde la clave, a los 200 m del inicio del túnel. GPS TB 132.	26
Fotografía 4-16.- Vista de la clave mostrando el sitio desde donde cayó el bloque de la fotografía anterior, lo que indica que el socavamiento del túnel es un proceso actual. GPS TB 133.	26

Fotografía 4-17.- Aspecto de los últimos 30 m del túnel, aguas arriba del portal de salida. Se aprecia el socavamiento hidráulico del piso del túnel correspondiente a roca granítica muy meteorizada. GPS TB-137.	27
Fotografía 4-18.- Aspecto de la salida del túnel Las Rojas sin agua, mostrando el socavamiento hidráulico del piso y un relleno parcial con gravas y bloques y maicillo proveniente de la destrucción de la roca más meteorizada que no resisten la acción erosiva del agua. GPS TB 142.	27
Fotografía 4-19.- Panorama del portal de salida mostrando el flujo turbulento y la roca meteorizada de las paredes del túnel Las Rojas. GPS LR 29.....	28
Fotografía 4-20.- Portal de entrada del túnel Porvenir. GPS P 2.	31
Fotografía 4-21.- Portal de salida del túnel Porvenir. GPS TB 002.	31
Fotografía 4-22.- Detalle del portal de entrada mostrando la fábrica de los depósitos coluviales se observa el bajo redondeamiento y alta angulosidad de los clastos. GPS P 7.	33
Fotografía 4-23.- Vista de la pared izquierda del túnel a unos 15 m del portal de entrada mostrando el contacto entre la roca intrusiva (abajo) y los depósitos coluviales que muestran además bloques redondeados de rocas graníticas en la base. GPS P 15.....	33
Fotografía 4-24.- Detalle de la clave del túnel a unos 20 m del portal de entrada mostrando como el nivel de suelo coluvial desaparece por sobre la clave. GPS P 16.	34
Fotografía 4-25.- sector de la clave del túnel en el primer tramo, a los 72 m aproximadamente. Se aprecia la presencia de niveles de gravas y arenas litificadas asignadas a los depósitos coluviales que además contienen clastos redondeados de granitoides productos de la meteorización bolar. GPS P 40.	34
Fotografía 4-26.- Detalle de la pared izquierda del túnel a los 585 m. Se aprecia claramente el contacto entre las rocas con distinto grado de meteorización. GPS TB 053.	35
Fotografía 4-27.- Detalle de la pared del túnel a los 586 m mostrando la misma situación que la de la fotografía anterior entre la roca más meteorizada (arriba) y menos meteorizada (abajo). GPS TB 054.	36
Fotografía 4-28.- Detalle en la pared izquierda del túnel a los 595 m, mostrando el contacto roca meteorizada (arriba) y más fresca (abajo). En la zona de contacto y hacia arriba (zona más meteorizada) sobresalen bloques de roca menos meteorizados (parte derecha de la imagen), lo que sugiere una mayor cercanía a la superficie o a los depósitos coluviales. GPS P 55.	36
Fotografía 4-29.- Vista de detalle de la primera "lumbrera" excavada en roca intrusiva. GPS TB 25.	38
Fotografía 4-30.- Vista de detalle de la segunda "lumbrera", excavada también en roca granodiorítica. Se aprecian fracturas abiertas con relleno de arcilla blanca y hematita. GPS TB 38.	38
Fotografía 4-31.- Detalle de la tercera "lumbrera" excavada en roca intrusiva como las anteriores. En borde inferior de la fotografía se observa la clave del túnel. GPS TB 78.	39
Fotografía 4-32.- Vista de detalle del portal de salida del túnel Porvenir. GPS TB 006.	40

Fotografía 4-33.- Vista del tramo 3 del túnel a los 58 m desde el portal de salida se observa el socavamiento del piso de más de 1,0 m de profundidad y que imposibilita el acceso. GPS TB 014.	40
Fotografía 4-34.- Vista del socavamiento del túnel a los 780 m partir del portal de entrada, en el tramo 3, indicativo de que el túnel se excavó en maicillo. GPS TB 091.	41
Fotografía 4-35.- Detalle del gran socavamiento en el piso del túnel al inicio del tramo 3, que podría corresponder al sumidero o “cascada”, señalado por los celadores, en los primeros 15 metros, aproximadamente, con una profundidad superior a los 2,5 m. GPS TB 089.	41
Fotografía 4-36.- Vista de detalle de la pared derecha del túnel Los Burros en el portal de entrada. Se aprecia claramente el suelo compuesto principalmente por arena gruesa y un esbozo de estratificación de los depósitos coluviales. GPS LB 6.	45
Fotografía 4-37.- Vista general del portal de salida del túnel Los Burros, mostrando socavamientos de la clave por planchoneo del material semilitificado. GPS LB 4.	46
Fotografía 4-38.- Huellas de socavamiento en la clave del túnel en el sector central, a los 45 m del portal de entrada. La causa más probable es la infiltración de aguas superficiales que contribuye a disolver el cemento inicial de los suelos arenosos, causando pequeños desplomes parciales. GPS LB 13.	46
Fotografía 4-39.- Socavamientos a unos 5 m del portal de entrada. GPS LB 37.	47
Fotografía 4-40.- Aspecto del portal de entrada mostrando el recubrimiento de maicillo y/o suelo residual. GPS LB 27.	47
Fotografía 4-41.- Portal de salida del túnel Los Burros. GPS LB 3.	48
Fotografía 4-42.- Vista de detalle del portal de entrada del túnel Quilacán 1. Se observan los sistemas de diaclasas o fractura indicados en el texto. GPS Q1 4.	51
Fotografía 4-43.- Vista de detalle del costado derecho del portal de salida del túnel Quilacán 1 mostrando un sistema de fracturas transversales al eje del túnel. GPS Q1 11.	52
Fotografía 4-44.- Pequeños desprendimientos desde la clave del túnel. GPS Q1 8.	52
Fotografía 4-45.- Parte media del túnel mostrando marcas del caudal máximo en la zona de la clave del túnel, indicando el funcionamiento en presión de parte del túnel. GPS Q1 10.	53
Fotografía 4-46.- Panorama general del portal de entrada mostrando el espesor del techo de roca. GPS Q1 1.	53
Fotografía 4-47.- Vista del sector del portal de salida del túnel Quilacán 1. GPS Q1 13.	54
Fotografía 4-48.- Vista de detalle del portal de entrada del túnel Quilacán 2 mostrando fracturas o diaclasas descritas en el texto GPS Q2 6.	57
Fotografía 4-49.- Detalle en la pared izquierda del túnel cerca del portal de salida, mostrando diaclasas citadas en el texto. GPS Q2 18.	57
Fotografía 4-50.- Vista general del interior del túnel mostrando las marcas de nivel de caudal máximo, confirmando que este túnel suele funcionar en presión. GPS Q2 10.	58
Fotografía 4-51.- Vista general del sector del portal de entrada del túnel Quilacán 2. GPS Q2 1.	58

Fotografía 4-52.- Vista del sector del portal de salida del túnel Quilacán 2 GPS Q2 24.....	59
Fotografía 4-53.- Vista de detalle del portal de entrada del túnel Quilacán 3, mostrando el control estructural que ejercen los sistemas de fracturas. GPS Q3 13.....	62
Fotografía 4-54.- Panorama del portal de salida del túnel Quilacán 3, que presenta algunos de los principales sistemas estructurales y el grado de meteorización de la roca intrusiva. GPS Q3 31.....	63
Fotografía 4-55.- Detalle de la clave del túnel Quilacán 3 mostrando trazas de la excavación del túnel, indicando además que se trata de una roca dura. GPS Q3 51.....	64
Fotografía 4-56.- Parte central del túnel Quilacán 3 en donde se visualiza la sección del túnel controlada por fracturas subparalelas al túnel. GPS Q3 22.....	64
Fotografía 4-57.- Detalle del sector del túnel con altura de la clave inferior a 2,0 m, se observan las marcas de los caudales máximos adosados a la clave, lo que testimonia el funcionamiento en presión de esa parte del túnel. Además, se aprecia lo que podría corresponder a sobreexcavación o socavamiento por efecto combinado de la existencia de una fractura abierta y el fenómeno de circulación de agua en presión. GPS Q3 27.....	65
Fotografía 4-58, Detalle de la sobreexcavación de la clave del túnel. GPS Q3 41.....	65
Fotografía 4-59.- Vista general del portal de salida del túnel Quilacán 3. Se aprecia el espesor de la sobrecarga o recubrimiento del túnel. GPS Q3 41 1.....	66
Fotografía 4-60.- Vista general del sector del portal de entrada, mostrando el espesor del recubrimiento o sobrecarga del túnel. GPS Q3 1.....	66
Fotografía 4-61.- Vista de detalle del portal de salida del Túnel Quilacán 4. Se aprecia la roca intensamente meteorizada (W5) y bloques redondeados resultantes de la descomposición bolar que afecta a la roca intrusiva. GPS Q4 3.....	70
Fotografía 4-62.- Vista del portal de entrada del túnel Quilacán 4 mostrando algunos de los sistemas de fractura predominantes en el sector. GPS Q4 1.....	70
Fotografía 4-63.- Aspecto de la parte final del Túnel Quilacán 4, mostrando sobreexcavación controlada por fracturas (ver texto). GPS Q4 30.....	71
Fotografía 4-64.- Fracturas visibles en la pared izquierda del túnel, en el portal de salida; se visualizan algunas fracturas abiertas. GPS Q4 36.....	71
Fotografía 4-65.- Vista del recubrimiento o sobrecarga del Túnel Quilacán 4 en el portal de entrada. Se reconoce en el primer metro una roca muy meteorizada (W5 a W6) y luego unos 2,0 metros correspondiente a roca con grado W4 de meteorización. GPS Q4 1B.....	72
Fotografía 4-66.- Vista del sector del portal de salida del Túnel Quilacán 4, mostrando una superficie de roca descompuesta parcialmente a suelo residual. GPS Q4.....	72
Fotografía 4-67.- Detalle del portal de entrada del túnel Quilacán 5 mostrando las fracturas principales que definen el trazado del túnel y el techo de roca. GPS Q5 9.....	75
Fotografía 4-68.- Vista de detalle de la entrada al túnel Quilacán 5, mostrando sistemas estructurales paralelos al trazado de éste. GPS Q5 11.....	76

Fotografía 4-69.- Detalle del portal de salida del túnel Quilacán 5. Se observa suelo correspondiente a depósitos coluviales en los cuales se excavó el portal. GPS Q5 2.	76
Fotografía 4-70.- Detalle del interior del túnel en los primeros metros, mostrando sobreexcavación. GPS Q5 13.	77
Fotografía 4-71.- Parte media del túnel mostrando la clave más alta, por sobreexcavación del maicillo asociada a la presencia de fracturas. GPS Q5 18.	77
Fotografía 4-72.- Aspecto general del portal de entrada del Túnel El Membrillo. Se aprecia la alta angulosidad del material clástico y su mala selección, propia de coluvios proximales. GPS EM 5.	80
Fotografía 4-73.- Aspecto del interior del túnel hacia los 100 m desde el portal de entrada. Se observa que está excavado en gravas arenosas. GPS EM 16	81
Fotografía 4-74.- Vista general del sector del portal de entrada del Túnel El Membrillo, se aprecia sobreexcavación y el espesor del recubrimiento. GPS EM 3.....	81
Fotografía 4-75.- Vista del sector del portal de salida del Túnel El Membrillo, mostrando el espesor del recubrimiento y sobreexcavación del portal. GPS EM 37.	82
Fotografía 4-76.- Detalle de la "lumbreira" o ducto de ventilación en el metro 181 del túnel excavada en grava arenosa. GPS EM 24.....	82
Fotografía 4-77.- Detalle de la clave del túnel entre los 12 y 15 m, mostrando un bloque colgante de unos 0,8 m de eje mayor. GPS EM 9.....	83
Fotografía 4-78.- Detalle de la clave en el metro 40-42 mostrando un bloque colgante de unos 0,7 m de eje mayor. GPS EM 27	83
Fotografía 4-79.- Vista de detalle de la clave del túnel entre los metros 190 a 195 (pasado la "lumbreira") en la cual se aprecia una serie de bloques colgados de 0,3 a 0,4 m de eje mayor. GPS EM 38	84
Fotografía 4-80.- Vista general del portal de entrada del túnel La Cachina excavado en depósitos coluviales proximales. GPS LC 2.	88
Fotografía 4-81.- Detalle de la pared izquierda del portal de entrada del túnel, ilustrando el aspecto de los depósitos en los que se excavó el portal. GPS LC 5.....	88
Fotografía 4-82.- Detalle del túnel a los 23 m, mostrando un gran bloque métrico colgando desde la clave. GPS LC 9	89
Fotografía 4-83.- Aspecto del túnel a los 95-98 m con un gran bloque métrico (> 2m) que condiciona la forma de la clave en esa parte del túnel. GHPS LC 17	89
Fotografía 4-84.- Detalle de la clave del túnel a los 105 m, que muestra otro bloque colgante de tamaño métrico. GPS LC 18.....	90
Fotografía 4-85.- Vista del interior del túnel a los 150 m desde el portal de entrada, mostrando bloques colgantes y otros que se proyectan desde las paredes del túnel. GPS LC 22	90
Fotografía 4-86.- Detalle del túnel a los 211 m, en donde se visualiza un gran bloque métrico sobresaliendo desde la clave, GPS LC 69.....	91

Fotografía 4-87.- Vista de la “Lumbrera” excavada en depósito coluviales. En el lado inferior izquierdo de la imagen se aprecian rocas (metandesitas) que dominan la mayor parte de la sección del túnel, dejando a los depósitos coluviales sólo en la clave. GPS LC 73.	91
Fotografía 4-88.- Vista del interior del cajón de hormigón de 25 m de longitud. GPS LC 54.	92
Fotografía 4-89.- Vista de detalle de la clave del túnel en forma de techo a dos aguas, definida por la intersección neta de dos sistemas de fracturas paralelos al túnel en los 370 m desde el portal de entrada. GPS LC 46.	92
Fotografía 4-90.- Vista de las fracturas que controlan la clave del túnel a los 380 m desde el portal de entrada. GPS LC 44.	93
Fotografía 4-91.- Vista en detalle del portal de salida del Túnel La Cachina, mostrando el fracturamiento de las rocas metandesíticas. GPS LC 30.	93
Fotografía 4-92.- Vista del sector superior del portal de salida, mostrando fracturas y el recubrimiento del portal. GPS LC 28.	94

1 INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto "Mejoramiento Canales Bellavista, Villalón y Bellavista", ARCADIS Chile ha realizado una campaña de terreno consistente en la ejecución de inspecciones visuales a los tramos en túnel de los diferentes canales, con el fin de identificar las secciones y coberturas de aquellos y las condiciones geológicas y geotécnicas de los terrenos en el que están excavados.

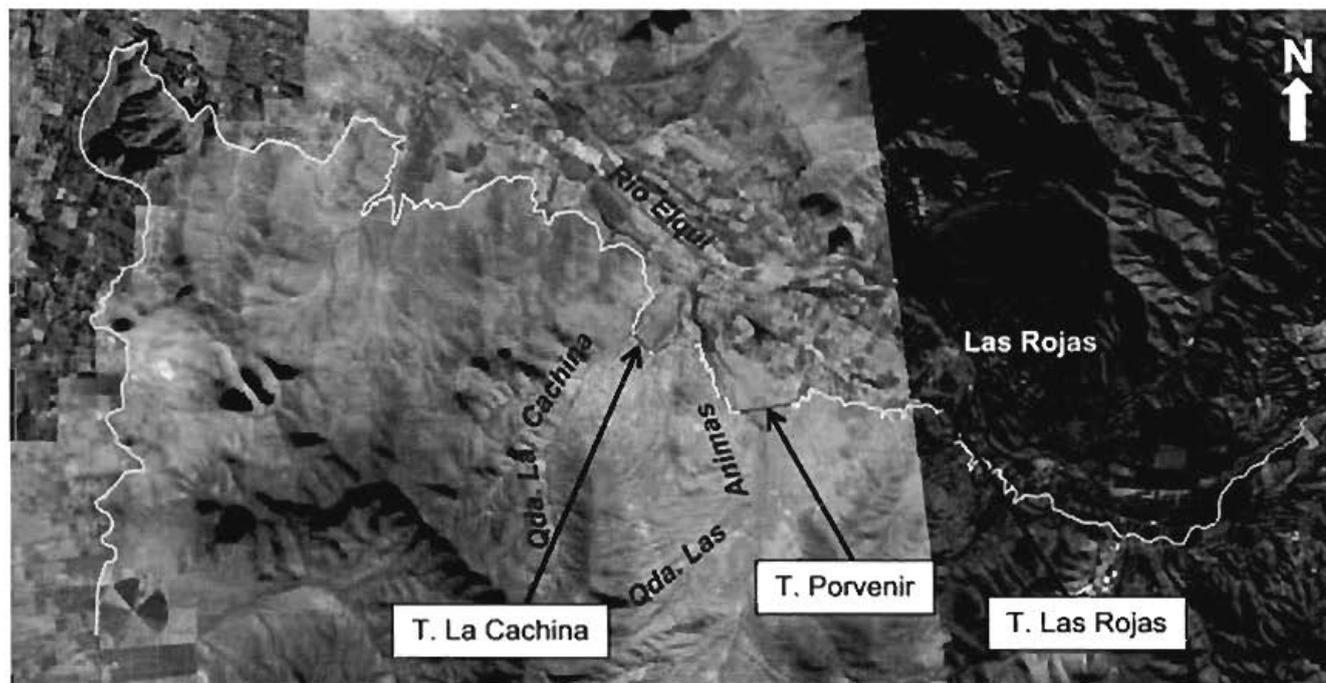
2 OBJETIVOS

El presente informe tiene como objetivo esencial la caracterización geológico-geotécnica de los tramos en túnel del canal Bellavista, con énfasis en las condiciones de estabilidad de los mismos, para determinar las necesidades de mejoramiento desde el punto de vista de reparaciones, sostenimientos y/o limpieza.

3 CANAL BELLAVISTA

El trazado del canal Bellavista se localiza en la parte norte de la IV Región de Coquimbo, en la provincia de Elqui, comuna La Serena, a lo largo del flanco izquierdo del valle del río Elqui, el principal río de la zona. En la Figura 3-1 se presenta la ubicación en planta de las áreas de interés.

Figura 3-1: Ubicación canal Bellavista. El trazado del canal se indica en blanco y en azul los túneles (sólo se indican los principales).

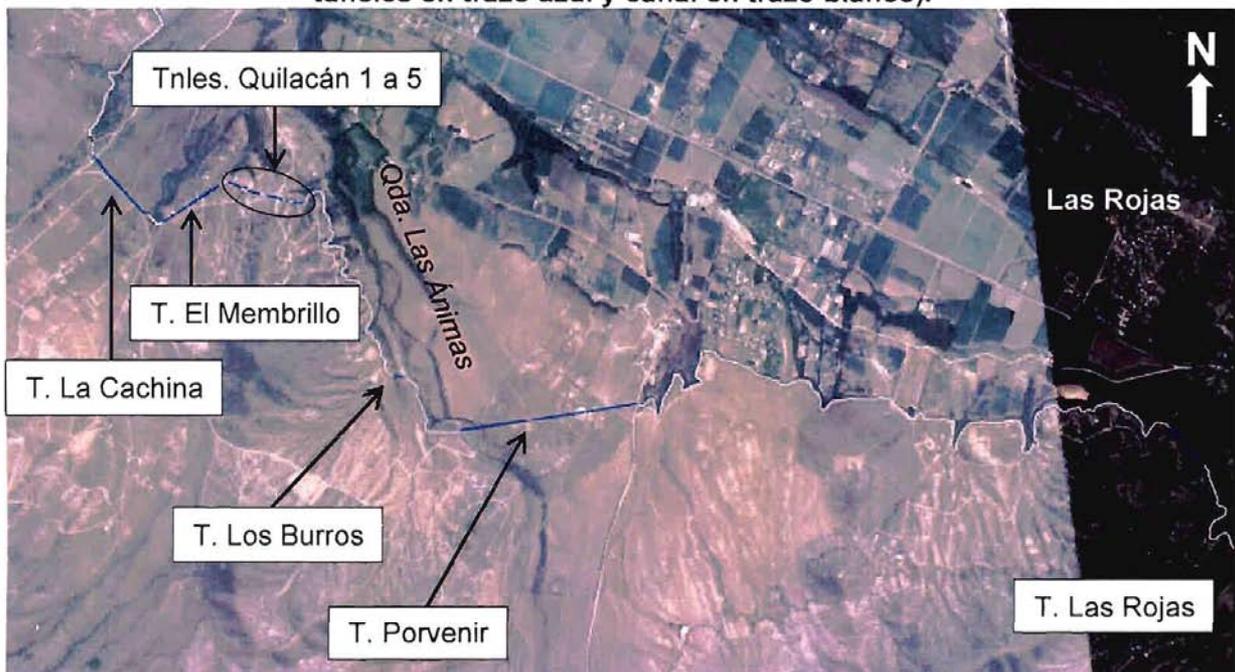


4 CARACTERIZACION DE LOS TÚNELES DEL CANAL BELLAVISTA

El canal Bellavista posee 10 tramos en túnel de longitudes variables entre los 21 y 930 m los cuales se localizan entre el sector de Las Rojas y la quebrada La Cachina.

Todos los túneles poseen una denominación oficial y de amplio uso local la que será utilizada en las descripciones siguientes (**Figura 4-1**).

Figura 4-1.- Imagen Google Earth del sector de los túneles mostrando su localización (Los túneles en trazo azul y canal en trazo blanco).



4.1 TÚNEL LAS ROJAS.

4.1.1 Generalidades.

El túnel se localiza cercano a la ruta 41, a 400 m al SSW del cruce a Las Rojas, cruzando a media falda una loma de 275 m de altura en el extremo norte del cordón del cerro La Cantera (345 m.s.n.m.), cercano a un portezuelo con orientación paralela al túnel.

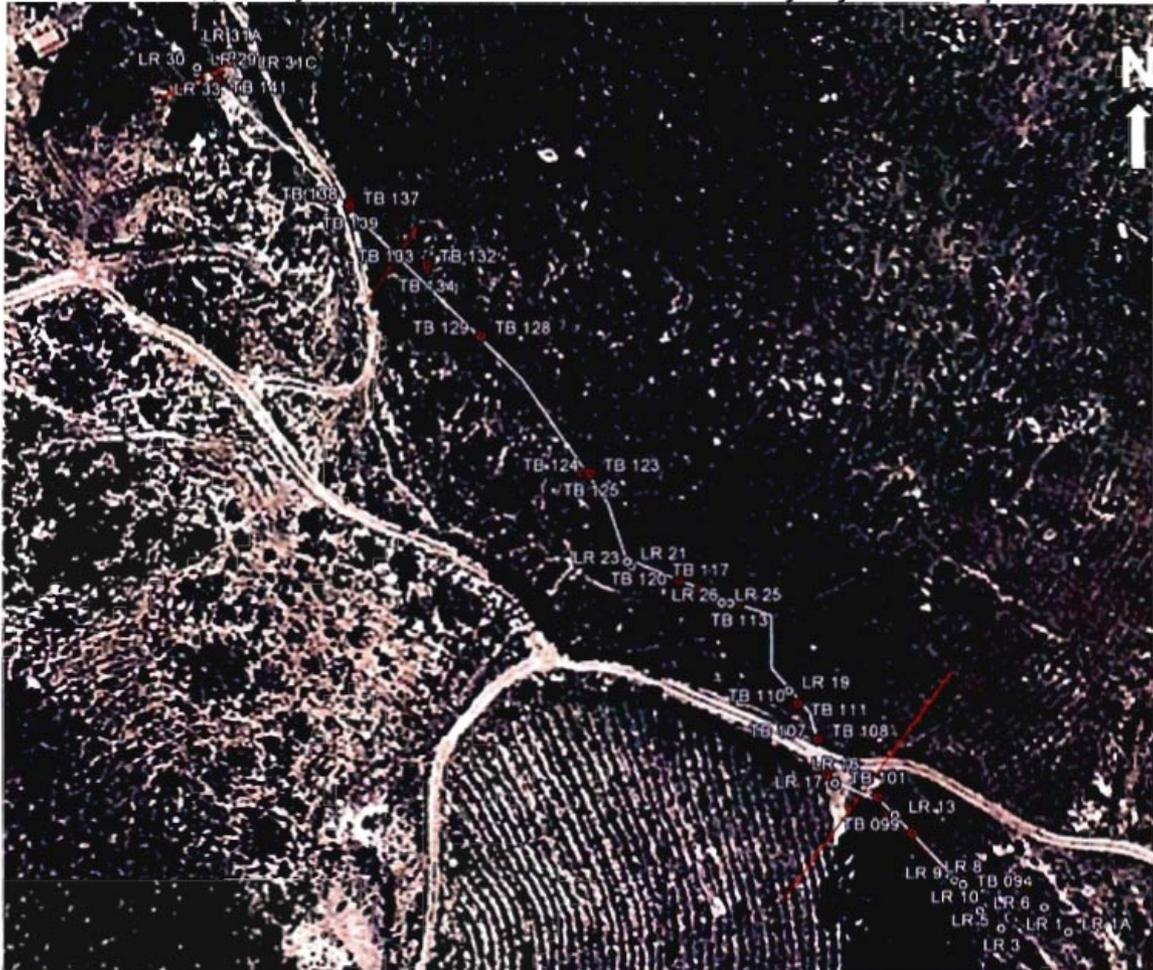
El túnel posee una longitud de 251 m aproximadamente, una sección irregular de altura variable en la clave a lo largo del eje del túnel entre 1,7 y 5 m y un ancho variable entre 1,9 y 3,5 m.

La orientación general es N45°W, sin embargo el túnel presenta variaciones en el rumbo. Estas y las longitudes de los tramos asociados se presentan en la Tabla 4-1 siguiente. En la Figura 4-2 se muestra el trazado el túnel, la ubicación de los puntos GPS correspondientes a las fotografías tomadas en terreno y la orientación de los principales sistemas estructurales detectados.

Tabla 4-1.- Tramos del túnel Las Roja indicando largos, orientación, alto y ancho de la sección.

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)
0	0	N45W	5	3,5
28	28	N45W	1,7	2
14	42	N65W	2	2
15	57	N15W	1,8	2
14	71	N40W	2	1,9
12	83	NS	2	2
10	93	N70W	2,5	1,9
26	119	N67W	3	2
13	132	N18W	2	2
24	156	N35W	2,5	2
80	236	N45W	2,5	2
15	251	N40W	3	2,5

Figura 4-2.- Ubicación y trazado del túnel Las Rojas proyectado en superficie. En color blanco trazado, en rojo sistemas estructurales. Puntos rojos y blancos puntos GPS.



4.1.2 Geología.

Este túnel se excavó en rocas intrusivas del Cretácico Superior basal (100 a 97 Ma) consistentes en monzonitas cuarcíferas de biotita, anfíbola y piroxeno, de color gris claro a gris rosado, las que presentan enclaves de microdioritas gris oscuro. A nivel regional se encuentran afectadas por sistemas de fracturas entre los cuales destacan los siguientes: S1: N40°-45°W/90°; S2: N60°-70°E/90° y S3: NS/90°; este último menos marcado. Las rocas presentan grados variables de meteorización, desde roca fresca ligeramente meteorizada hasta una cubierta de suelo residual que en algunos sectores alcanza varios metros de espesor. Es frecuente observar en superficie bloques métricos de roca redondeados a subredondeados correspondientes a remanentes de núcleos que han resistido la meteorización bolar, mecanismo de meteorización típico de zonas templadas a semiáridas. En la mayor parte del área el suelo vegetal está prácticamente ausente o es muy delgado (espesor menor a 10 cm), de modo que la cubierta superficial del área consiste generalmente en roca intrusiva intensamente o totalmente

meteorizada (suelo residual). El túnel presenta en ambos portales roca intensamente meteorizada mientras que hacia el interior la roca se aprecia menos meteorizada.

4.1.3 Caracterización Geológico-Geotécnica.

En este túnel se distinguieron tres tramos, de acuerdo a sus características geotécnicas:

Tramo 1: desde el portal de entrada hasta los 28 metros.

Tramo 2: desde los 28 metros hasta los 156 metros.

Tramo 3: desde los 156 hasta el portal de salida

Tramo 1.

Desde el portal de entrada y hasta los 28 metros del túnel la roca se encuentra profundamente meteorizada, con un grado de meteorización igual a W4-W5 (ver Anexo 1). El material rocoso es parcialmente disgregable a mano siendo, además, atravesado por abundantes raíces de Eucaliptus sp. (**Fotografía 4-1 y Fotografía 4-2**), las que han contribuido a la desestabilización del macizo rocoso y a la sobreexcavación por desprendimiento de bloques desde la clave. Igualmente, la presencia de cruceros de vetillas con relleno arcilloso de color blanco y espesores de hasta 5 cm o más, han favorecido también los desprendimientos desde la clave.

En este primer tramo, de 28 m de longitud, se estimó que la resistencia a la compresión simple es menor a 25 MPa.

En este tramo se observaron los siguientes sistemas de fracturas: S1: N40°E/5° a 10°SE; S2: N35°W/90°-80°NE; S3: N30°-40°E/70°-75°NW; S4: N75°E/72°S y S5: N10°W/90°. Las frecuencias de fracturas por metro respectivas son 4 a 5 ff/m; 2 a 3 ff/m; 2 a 3 ff/m; 3 a 4 FF/m y 1 a 2 ff/m, respectivamente.

La evaluación del índice RMR para estos metros iniciales del túnel, de acuerdo con los parámetros utilizados en esta clasificación (Anexo2), indica un valor igual a 26 lo que corresponde a una Roca de Mala Calidad geotécnica, concordante con la apreciación visual del macizo rocoso en el portal de entrada (**Fotografía 4-1 y Fotografía 4-2**).

La altura del portal de entrada alcanza hasta 5,0 m con un ancho de 3,5 m, observándose en este tramo del túnel algunos bloques, relativamente más frescos (W3), que cuelgan de la clave sostenidos por una masa de roca muy meteorizada (**Fotografía 4-3**). La altura del techo o clave del túnel va disminuyendo gradualmente hasta que, al final del tramo, solo alcanza unos 1,7 m de alto y el ancho reducido a 2,0 m.

El piso del tramo se presenta con abundantes bloques, desde centimétricos a decimétricos, algunos de los cuales provienen claramente de desprendimientos desde la clave (**Fotografía 4-3 y Fotografía 4-4**).

El túnel posee un techo de roca de 2,0 m de espesor en los primeros 10 metros, alcanzando hasta unos 7 metros hacia el final del tramo.

En la parte final del tramo se observan evidencias de circulación de agua en presión (Fotografía 4-5 y Fotografía 4-6)

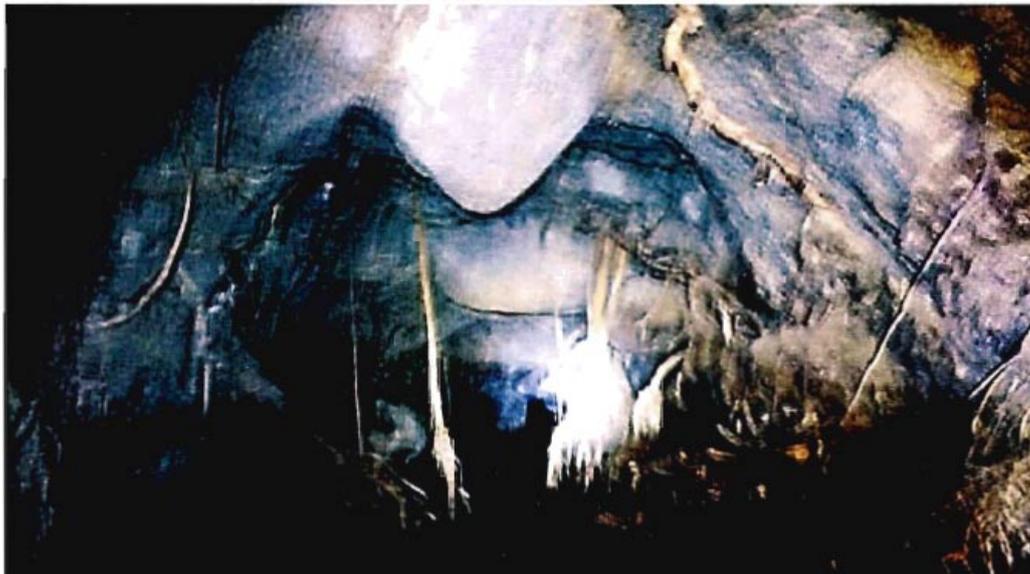
Fotografía 4-1.- Vista del portal de entrada del túnel Las Rojas. GPS LR 6.



Fotografía 4-2.- Vista del portal de entrada del túnel las Rojas sin agua. GPS TB 094.



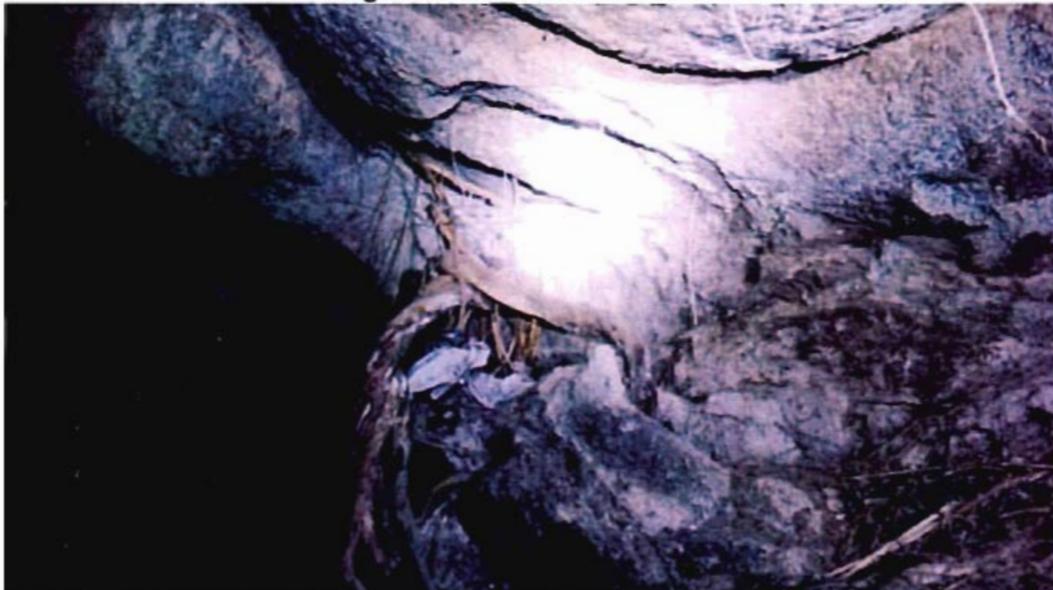
Fotografía 4-3.- Núcleos de roca más fresca con tamaño de bloques colgando de la clave del túnel, en los primeros 28 m. Se aprecia además la gran cantidad de raíces que han atravesado la roca meteorizada. GPS LR 9.



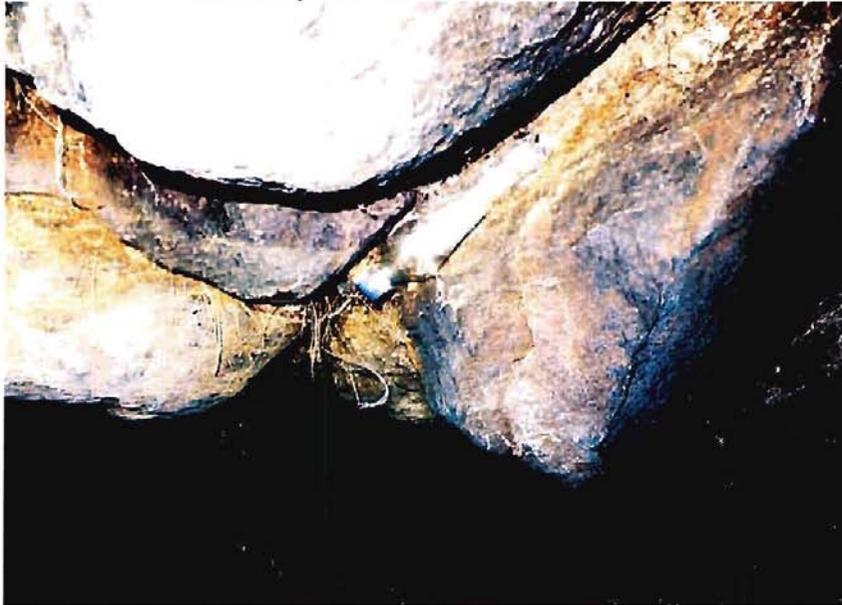
Fotografía 4-4.- Ejemplo de socavamientos en la clave por desprendimiento de planchones de roca meteorizada favorecidos por la presencia de fracturas (diaclasas).
GPS LR 19.



Fotografía 4-5.- Ejemplo de basura (principalmente plástico) acumulada en una anfractuosidad de la clave del techo, demostrando la altura que alcanza el caudal en régimen máximo. GPS LR 12.



Fotografía 4-6.- Otro ejemplo, esta vez pasto y una botella de plástico atrapada en el techo o clave del túnel, lo que demuestra que el túnel ha funcionado en presión frecuentemente en esta parte del túnel. GPS TB 099.



Tramo 2

Corresponde a la mayor parte del túnel, extendiéndose entre los 28 metros hasta los 156 metros de éste. En este tramo se estimó que el grado de meteorización de la roca es igual a W3 a W4 (es posible que la meteorización superficial debida a la humedad propia del túnel incida negativamente en la estimación del grado de meteorización).

La roca se presenta con una resistencia a la compresión simple estimada entre 50 y 100 MPa. A menudo se observa en algunas superficies la huella de las perforaciones, con bordes nítidos (**Fotografía 4-7 y Fotografía 4-8**) lo que indicaría una roca dura.

Los sistemas de fractura observadas en este tramo corresponden a S1: N10°-15°W/5° a 10°SE; S2: N15°W/90° con densidades de fracturas de 3 a 4 ff/m para ambos sistemas. En algunos trechos, las paredes y la clave del túnel son controlados por las fracturas paralelas a ellas.

Se estimó para este tramo un índice RMR de 48, correspondiente a una Roca de Regular Calidad Geotécnica, con zonas puntuales estimadas con índice RMR igual a 62 (Buena Calidad Geotécnica). (**Fotografía 4-9 y Fotografía 4-10**).

La altura promedio de la clave es de unos 2,0 metros, aun cuando entre los 93 y 119 metros y entre los 132 y 156 metros, la altura es de 2,5 m. En general el ancho se mantiene en torno a los 2,0 m.

El piso del túnel está excavado en roca y se encuentra en general limpio y sin bloques caídos (**Fotografía 4-11 y Fotografía 4-12**).

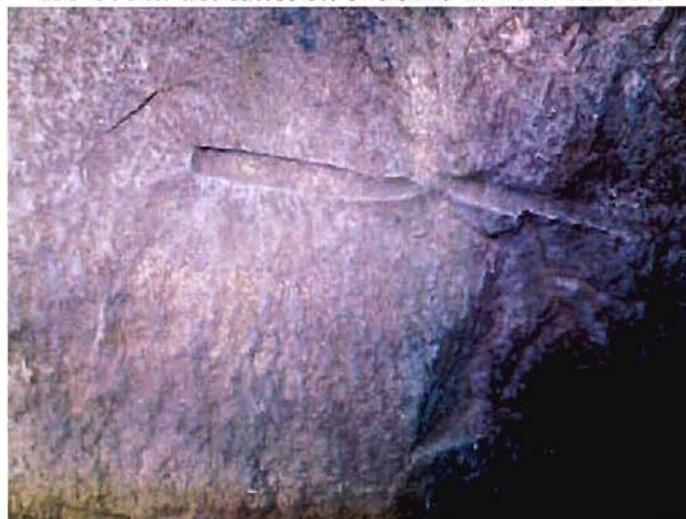
Entre los 42,0 y 57,0 m, el techo del túnel desciende hasta unos 1,8 metros. Allí se evidencian nuevamente que han ocurrido eventos de circulación de agua en presión (**Fotografía 4-13 y Fotografía 4-14**).

El techo de roca para este tramo del túnel se inicia con un espesor de unos 7 m y alcanza en su parte central más de 20 metros volviendo a disminuir a unos 7 a 10 m hacia el final del tramo.

Fotografía 4-7.- Traza de las perforaciones utilizadas durante la excavación del túnel Las Rojas, para dinamitar zonas de roca más frescas y duras al inicio del tramo 2 (28 m). GPS TB 101.



Fotografía 4-8.- Otro ejemplo de trazas de perforaciones mostrando la dureza de la roca a los 111 m del túnel en el tramo 2. GPS TB 111.



Fotografía 4-9.- Aspecto de la clave del túnel, a los 50 m, controlada por un sistema de fracturas cercanamente subhorizontales que mantean hacia el lado derecho del túnel (NE) y que además han originado planchoneos. GPS TB 107.



Fotografía 4-10.- Aspecto de la sección del túnel a los 33 m mostrando un perfil rectangular, el que es controlado por fracturas subhorizontales y subverticales más o menos paralelas al trazado del túnel. GPS LR 16.



Fotografía 4-11.- Sección del túnel sin agua a los 180 m mostrando, mostrando el piso irregular del túnel. GPS TB 129.



Fotografía 4-12.- Otra sección del túnel a los 42 m en donde se observa el piso limpio, a excepción de unos bloques desprendidos desde la clave. GPS TB 104.



Fotografía 4-13.- Detalle de la pared derecha y clave mostrando una fractura abierta con relleno de basura, en el sector del túnel entre 42 y 57 m, confirmando que este túnel entra en presión en algunas ocasiones. GPS TB 103.



Fotografía 4-14.- Detalle del túnel a los 55 m; se aprecia claramente el nivel del caudal máximo en el costado derecho de la clave del túnel demostrando la entrada en presión frecuente en esta parte del túnel. Se observan, además, bloques grandes y basura retenidos en esta sección del túnel. GPS TB 104.



Tramo 3

Corresponde a los últimos 95 metros finales del túnel. En este tramo final nuevamente la roca se muestra con un fuerte grado de meteorización, que aumenta gradualmente hacia el portal de salida. Efectivamente, en los primeros 40 metros de este tramo la meteorización varía entre W3 a W4, en tanto que en los últimos 45 metros este valor se estimó en W4, pudiendo alcanzar hasta W5 en el portal de salida (Anexo 1). La caída reciente de bloques desde la clave (**Fotografía 4-15 y Fotografía 4-16**) así como un severo socavamiento del piso del túnel ha sido favorecido por el grado de meteorización de la roca y por las fracturas presentes (**Fotografía 4-17 y Fotografía 4-18**).

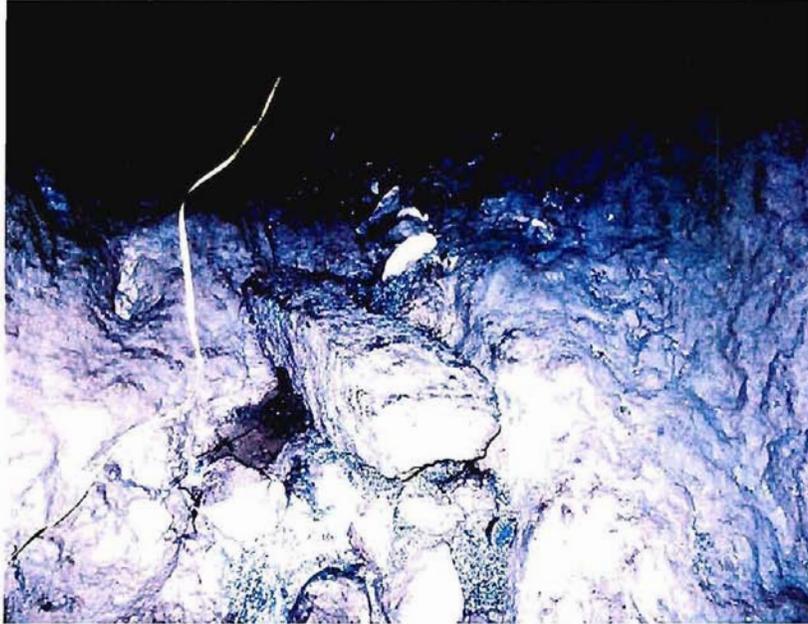
En este tramo se repiten los sistema de fracturas descritos en el tramo 2; sin embargo un tercer sistema S3: N35°E/70°NW aparece a partir de los 180 m del túnel, siendo la frecuencia de fracturas de 2 a 3 ff/m. En algunos trechos, las paredes y la clave del túnel son controlados por fracturas transversales al eje del túnel. En los últimos 15 m de este tramo y en el portal de salida se midieron fracturas de orientación N50°E/90°, con una densidad de fracturas igual a 3-4 ff/m.

La evaluación del índice RMR para este tramo y para el portal de salida del túnel ha sido estimado, de acuerdo a los parámetros utilizados para esta clasificación (Anexo 2), igual a 26 siendo equivalente a una Roca de Mala Calidad Geotécnica, lo que concuerda con la apreciación visual del macizo rocoso en el portal de salida (**Fotografía 4-19**).

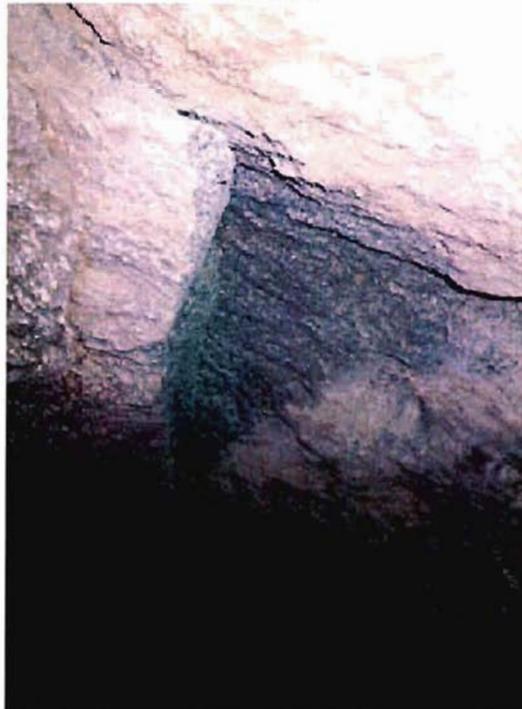
En este tramo el túnel posee un techo de roca de espesor igual a 2,0 m en los últimos 15 metros del éste.

En el piso de este tramo, en los 30 metros finales de éste, se observa un socavamiento gradual que aumenta considerablemente a medida que se acerca hacia el portal de salida, hasta formar canaletas de unos 60 cm de profundidad. Bloques, bolones y clastos menores, angulosos, dispuestos en el piso del túnel, indican un grado de socavamiento importante para este tramo (**Fotografía 4-15**). El túnel no posee ningún tipo de revestimiento.

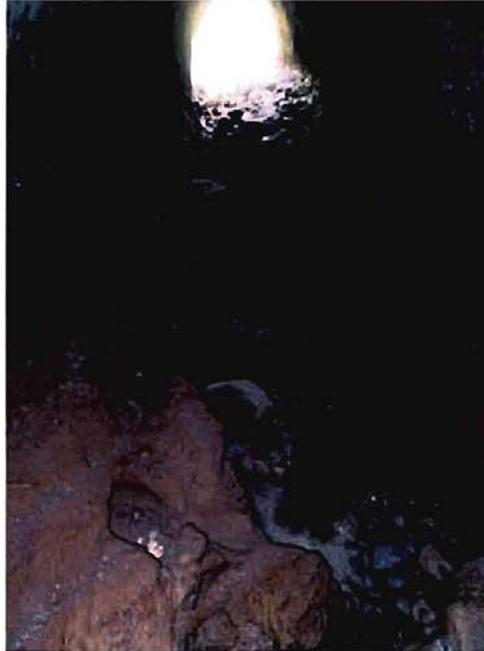
Fotografía 4-15.- Detalle de bloque situado en el piso del túnel, desprendido desde la clave, a los 200 m del inicio del túnel. GPS TB 132.



Fotografía 4-16.- Vista de la clave mostrando el sitio desde donde cayó el bloque de la fotografía anterior, lo que indica que el socavamiento del túnel es un proceso actual. GPS TB 133.



Fotografía 4-17.- Aspecto de los últimos 30 m del túnel, aguas arriba del portal de salida. Se aprecia el socavamiento hidráulico del piso del túnel correspondiente a roca granítica muy meteorizada. GPS TB-137.



Fotografía 4-18.- Aspecto de la salida del túnel Las Rojas sin agua, mostrando el socavamiento hidráulico del piso y un relleno parcial con gravas y bloques y maicillo proveniente de la destrucción de la roca más meteorizada que no resisten la acción erosiva del agua. GPS TB 142.



Fotografía 4-19.- Panorama del portal de salida mostrando el flujo turbulento y la roca meteorizada de las paredes del túnel Las Rojas. GPS LR 29.



4.1.4 Conclusiones y Recomendaciones

El túnel se excavó en rocas intrusivas intensamente meteorizadas, en general de mala calidad geotécnica (clase IV y posiblemente hasta V en los sectores de los portales de entrada y salida). Para el resto del túnel (Tramo 2) la clase de roca sería Clase III, equivalente a una roca de Regular Calidad Geotécnica.

Las discontinuidades reconocidas (fracturas), favorecieron los procesos de sobreexcavación durante la construcción del túnel. El desprendimiento de bloques de roca meteorizada desde la clave ha ocurrido durante el funcionamiento del túnel, verificándose además el reciente desprendimiento de bloques en el sector del portal de salida y la posibilidad de que se desprendan otros bloques de roca similares en los primeros 15 a 10 metros del túnel., especialmente en el sector del portal de entrada.

El túnel presenta socavamiento importante en las paredes y en la clave, específicamente en los primeros 15 metros del túnel (portal de entrada) y salida. En el sector del portal de salida en los últimos 30 metros del túnel, se presenta un socavamiento intenso del piso del túnel (hasta 60 cm de profundidad) producto de la erosión hidráulica. También se observó caída de bloques recientes desde la clave, favorecidos por la meteorización de la roca y presencia de fracturas.

Se recomienda el revestimiento de ambos portales mediante una capa de shotcrete de 10 cm de espesor, en el metraje que corresponde a los tramos 1 y 3.

El tramo intermedio (Tramo 2), equivalente a gran parte del túnel, en presión no presenta modificaciones importantes.

4.2 TÚNEL PORVENIR

4.2.1 Generalidades.

El portal de entrada se localiza aproximadamente a 1,35 km en línea recta al S30°W del cruce de la ruta 41 (La Serena –Vicuña) con la ruta D-263 (El Rosario), ubicándose éste en el costado E de la ruta D-327 que conduce hacia El Hinojal. El portal de salida se sitúa en el flanco oriental de la quebrada Las Ánimas.

La longitud aproximada es de 935 metros, con una sección irregular con altura variable de la clave entre 1,7 y 4 m y un ancho de la sección entre 2 y 2,5 m en promedio. El trazado del túnel describe un arco convexo hacia el norte, estando conformado por varios segmentos de longitudes y orientaciones diversas, las que se presentan en la Tabla 4-2 siguiente.

En la **Figura 4-3** se muestra el trazado proyectado en superficie, la ubicación de los puntos de control con GPS correspondientes a las fotografías tomadas (en blanco primera campaña, en rojo segunda campaña), los sistemas estructurales más importantes y la ubicación de los piques de ventilación localizadas a los 260 m, 451 m y a los 749 m, aproximadamente

Tabla 4-2.- Orientaciones, longitudes de los tramos del túnel y dimensiones aproximadas de las secciones.

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)
0	0	N65W	2,5	2,5
92	92	N65W	2,5	2
14	106	N85W	4	2,5
61	167	N88E	2,5	2
55	222	N65W	2,5	2
38	260	N65W	2	2
150	410	N88W	3	2,1
25	435	N78W	2	2,5
16	451	N88E	1,7	2,5
26	477	N55E	2	2
31	508	N65E	1,8	2
52	560	N85W	2	2
10	570	N70E	2	2
15	585		2	2
85	670		2	2
15	685		2,5	2
50	735		3	2
14	749		3,8	2
28	777		4	2
105	882*		4	2
53	935	N60E	4	2

*Tramo en rojo, no fue posible reconocerlo por imposibilidad de acceso.

Figura 4-3.- Ubicación del trazado del túnel Porvenir (en blanco tramos recorridos, en amarillo tramo sin reconocer. En rojo sistemas estructurales; puntos blancos 1era visita, puntos rojos 2ª visita con túnel sin agua.)



4.2.2 Geología.

Este túnel se excavó principalmente en rocas monzodioríticas cuarcíferas de anfíbola y granodioritas de anfíbola y biotita del Complejo Plutónico Santa Gracia – Las Rojas, las cuales afloran extensamente en el sector. Sin embargo, en los portales de entrada y salida, el túnel se excavó inicialmente en sedimentos coluviales (**Fotografía 4-20 y Fotografía 4-21**), pertenecientes a los grandes conos de deyección constituidos por gravas con intercalaciones arenosas, localizados al suroeste del valle del río Elqui. Estos depósitos poseen una litificación moderada y muy alta compacidad. Ellos se depositaron directamente sobre una superficie peneplanizada labrada en las rocas intrusivas mencionadas y en la que abundaban grandes bloques redondeados de roca granítica resultantes de la meteorización bolar que afectó a dichas rocas, bloques que tal como puede observarse a lo largo del túnel se incorporaron en la base de los depósitos coluviales.

Originalmente estos depósitos fueron asignados al Cuaternario antiguo por los autores de la carta La Serena-La Higuera del Servicio Nacional de Geología y Minería, sin embargo el hecho de que ellos se depositaran directamente sobre paleosuperficies peneplanizadas en rocas cretácicas, así como el conjunto de características depositacionales, texturales y litificación que presentan, permiten correlacionarlos con los depósitos miopliocénicos de las terrazas del río Limarí (canal Villalón) (Formación Confluencia), lo que apoya una edad miopliocénica para estos depósitos coluviales de la quebrada las Ánimas.

Fotografía 4-20.- Portal de entrada del túnel Porvenir. GPS P 2.



Fotografía 4-21.- Portal de salida del túnel Porvenir. GPS TB 002.



4.2.3 Caracterización Geológico-Geotécnica.

En este túnel se distinguen tres tramos, de acuerdo con las características geológicas que ellos presentan:

Tramo 1. De unos 92 metros de longitud desde el portal de entrada.

Tramo 2. De 678 metros de largo aproximadamente.

Tramo 3. Los últimos 165 metros del túnel hasta el portal de salida.

Tramo 1.

En este tramo, de 92 metros de longitud aproximadamente, el túnel se excavó en suelo de gravas parcialmente litificadas y en granitoides. Las gravas corresponden a depósitos coluviales proximales de la Formación Confluencia (Mioplioceno). Las rocas granitoides corresponden al Complejo Plutónico Santa Gracia –Las Rojas.

El túnel se inicia las gravas antes mencionadas (**Fotografía 4-22**); el portal de entrada tiene una sección de medio arco irregular de 2,5 m de alto y un similar. La cobertura del terreno alcanza un espesor de 3,0 m en el portal de entrada y va aumentando gradualmente hacia el interior del túnel.

A unos 13 a 15 metros desde el portal de entrada se observa el contacto suelo/roca (**Fotografía 4-23**) el que se puede seguir en forma más o menos continua hasta los 20 metros aproximadamente (**Fotografía 4-24**). El túnel continúa en granitoides hasta los 52 metros, en donde vuelve a reaparecer el contacto suelo/roca manteniéndose visible, en forma variable, hasta los 92 metros del túnel, marcando el final del tramo. El contacto suelo/roca define una superficie antigua correspondiente claramente a un paleorrelieve miopliocénico.

El grado de meteorización de la roca es moderado a intenso, estimado entre W3 y W4 (Anexo 1).

La resistencia a la compresión simple de la roca, en base al golpe del martillo, se estimó entre 25 y 50 MPa.

En este tramo no se observaron fracturas importantes en la roca. Sólo se aprecian vetillas de 1 a 2 mm, de poca longitud (entre 1 a 2 m) con relleno de minerales arcillosos blancos y blandos, probablemente alterados por la humedad del túnel.

El índice RMR (ver Anexo 2) determinado en general para las rocas intrusivas atravesadas por el túnel, de acuerdo a la puntuación de los parámetros que considera esta clasificación geomecánica, es de 43, lo que indica una Roca de Regular Calidad Geotécnica (clase III).

El piso del tramo se aprecia limpio, sin bolones o bloques que dificulten el flujo de agua. No se observaron sobreexcavaciones ni tampoco socavamientos por acción hidráulica. La sección del túnel permanece constante en unos 2,5 m de alto y 2,0 m de ancho.

Fotografía 4-22.- Detalle del portal de entrada mostrando la fábrica de los depósitos coluviales se observa el bajo redondeamiento y alta angulosidad de los clastos. GPS P 7.



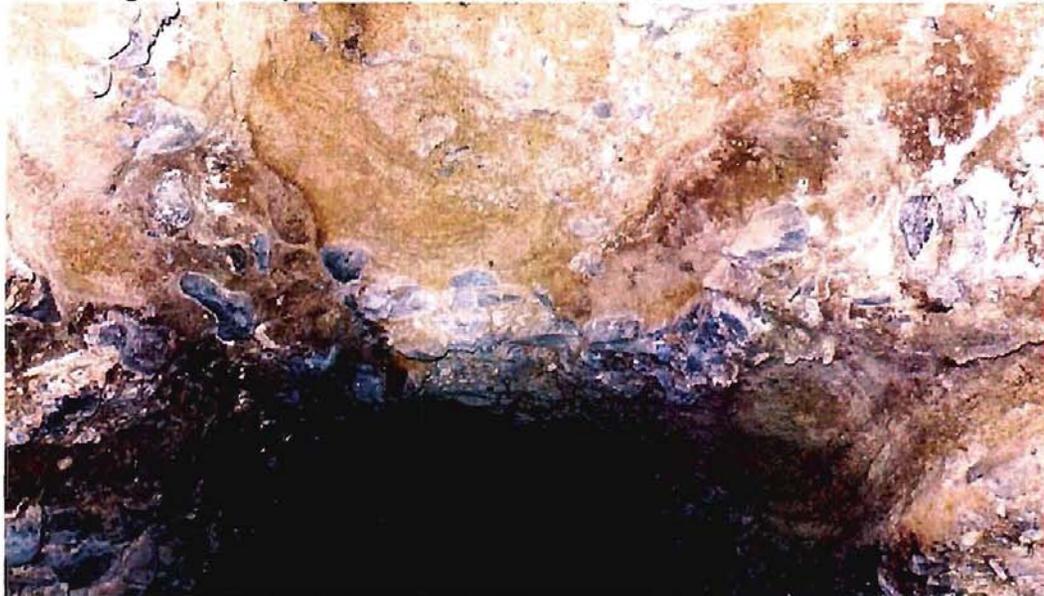
Fotografía 4-23.- Vista de la pared izquierda del túnel a unos 15 m del portal de entrada mostrando el contacto entre la roca intrusiva (abajo) y los depósitos coluviales que muestran además bloques redondeados de rocas graníticas en la base. GPS P 15.



Fotografía 4-24.- Detalle de la clave del túnel a unos 20 m del portal de entrada mostrando como el nivel de suelo coluvial desaparece por sobre la clave. GPS P 16.



Fotografía 4-25.- sector de la clave del túnel en el primer tramo, a los 72 m aproximadamente. Se aprecia la presencia de niveles de gravas y arenas litificadas asignadas a los depósitos coluviales que además contienen clastos redondeados de granitoides productos de la meteorización bolar. GPS P 40.



Tramo 2.

Este tramo, excavado enteramente en roca intrusiva con diversos grados de meteorización, tiene una longitud de 678 m aproximadamente. En general las fracturas en este tramo son escasas y poco notorias, dado que todo el tramo muestra una superficie de roca meteorizada por la humedad del túnel.

La roca tiene una resistencia estimada de 25 a 50 MPa, con un grado de meteorización de W3 en la mayor parte del tramo. Entre los 580 metros y 690 metros medidos desde el portal de entrada, el tramo presenta en las paredes y piso una granodiorita con un grado de meteorización entre W3 y W4 (**Fotografía 4-26 y Fotografía 4-27**), mientras que en la clave se observa "maicillo" el que contiene algunos clastos angulosos menores a 10 cm, de color negro, e incluso núcleos de roca más fresca (**Fotografía 4-28**). El contacto entre estos dos materiales es claramente apreciable a lo largo de las paredes en la parte alta de ellas. Hacia el final del tramo aparece roca más fresca, similar a la descrita para la mayor parte del tramo, con meteorización igual a W3. Los sectores mencionados, con mayor meteorización, indicarían la cercanía al contacto roca/suelo, ya descrito en el tramo 1.

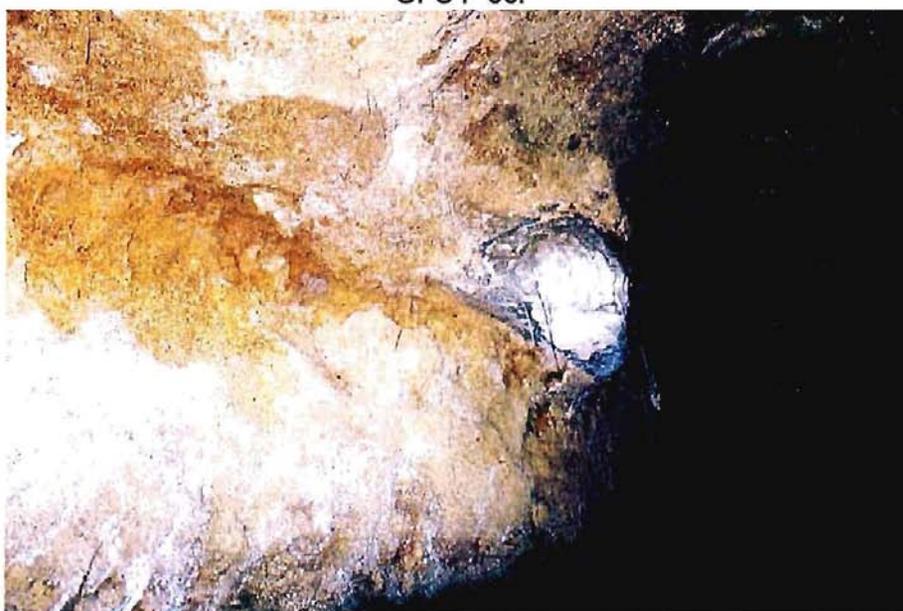
Fotografía 4-26.- Detalle de la pared izquierda del túnel a los 585 m. Se aprecia claramente el contacto entre las rocas con distinto grado de meteorización. GPS TB 053.



Fotografía 4-27.- Detalle de la pared del túnel a los 586 m mostrando la misma situación que la de la fotografía anterior entre la roca más meteorizada (arriba) y menos meteorizada (abajo). GPS TB 054.



Fotografía 4-28.- Detalle en la pared izquierda del túnel a los 595 m, mostrando el contacto roca meteorizada (arriba) y más fresca (abajo). En la zona de contacto y hacia arriba (zona más meteorizada) sobresalen bloques de roca menos meteorizados (parte derecha de la imagen), lo que sugiere una mayor cercanía a la superficie o a los depósitos coluviales. GPS P 55.



A lo largo del túnel se observaron fracturas discretas entre los 310 a 320 m; a los 360 metros; a los 410 m; a los 451 metros y entre los 510 a 525 metros. Los sistemas estructurales detectados fueron los siguientes:

- S1: N20°-25°E/70°-75°E
- S2: N80°-85°W/60°N
- S3: N88°W/80°S
- S4: N65°W/90°
- S5: N55°E/90°
- S6: N10°E/90°

Los sistemas S2; S3 y S5 son sensiblemente paralelos al túnel y se expresan mediante fracturas largas y continuas, controlando generalmente una de las paredes del túnel, tienen densidades de fracturamiento bajas, generalmente de 1 ff/m o menor. Los sistemas S1, S4 y S6 son transversales al eje del túnel en los tramos en que aparecen, con densidades de 3 a 6 ff/m. Se presentan usualmente asociadas a diques o filones paralelos que cortan al macizo granítico.

Los sistemas estructurales y sus características se muestran en la Figura 4.3 y en la tabla siguiente:

Tabla 4-3.- Tabla de los sistemas estructurales detectados en el tramo 2 del túnel Porvenir

Sistema estructural	Orientación	Densidad fracturas	Largo	Continuidad	Relleno	Estructuras asociadas
S1	N20°-25°E/70°-75°E	4 a 6 ff/m	<10 m	Regular	arcilla	Filón y vetas
S2	N80°-85°W/60°N	0,5 ff/m	>10 m	Alta	arcilla	
S3	N88°W/80°S	1 ff/m	>10 m	Alta	sin	
S4	N65°W/90°	3-4 ff/m	<10m	Alta	sin	Filón
S5	N55°E/90°	1 ff/m	>10 m	Alta	sin	
S6	N10°E/90°	4-6 ff/m	5-10 m	Baja	sin	

El tramo tiene una sección de medio arco mal definida, con alturas de la clave entre 1,8 m hasta 4,0 m con un promedio de alrededor 2,0 m. El ancho promedio es 2,0 m con algunos sectores de hasta 2,5 m. Los partes con techo más bajo se ubican entre los 435 a 451 m y entre los 477 a 508 m con alturas de techo de 1,7 m y 1,8 m respectivamente.

En estos sectores se observó que durante el flujo de caudal máximo, estos sectores entran en presión como lo señalan las marcas observadas.

A lo largo del tramo existen tres "lumberas" o ductos de ventilación verticales, excavados en roca granodiorítica los que se ubican aproximadamente en los metros 260; 450 y 750 respectivamente (Fotografía 4-29; **Fotografía 4-30** y **Fotografía 4-31**).

Fotografía 4-29.- Vista de detalle de la primera “lumbreira” excavada en roca intrusiva. GPS
TB 25.



Fotografía 4-30.- Vista de detalle de la segunda “lumbreira”, excavada también en roca granodiorítica. Se aprecian fracturas abiertas con relleno de arcilla blanca y hematita. GPS
TB 38.



Fotografía 4-31.- Detalle de la tercera “lumbrera” excavada en roca intrusiva como las anteriores. En borde inferior de la fotografía se observa la clave del túnel. GPS TB 78.



Tramo 3.

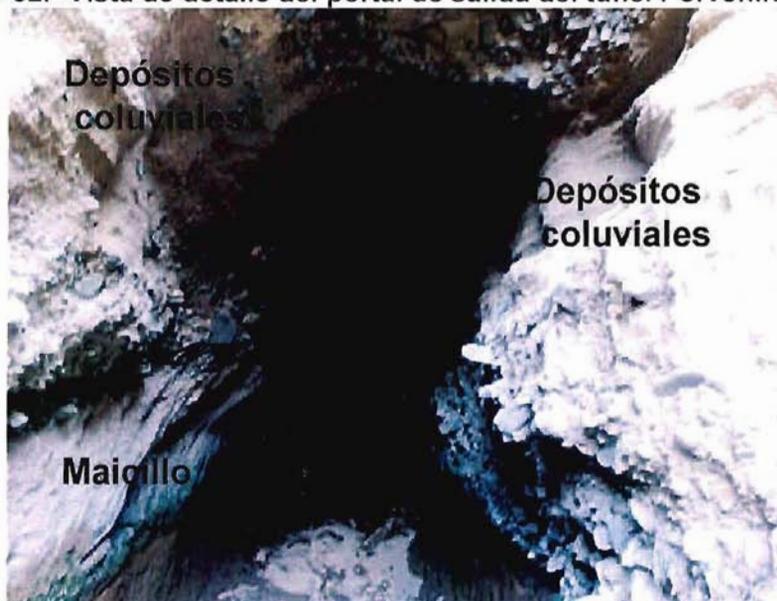
Este tramo posee un largo de 165 m de los cuales sólo fue posible reconocer los últimos 58 metros desde el portal de salida y sólo unos pocos metros (10 a 15 m) en el inicio del tramo, pasada la última lumbrera, debido a que este sector muestra importantes socavamientos en el piso del túnel (hasta 2,5 metros de profundidad) que hizo imposible su recorrido.

El tramo se excavó mayoritariamente en granodiorita muy meteorizada (W5-W6), prácticamente un “maicillo” muy cercano a un suelo residual. En efecto, el contacto entre maicillo y roca menos meteorizada (W3), apreciable en la parte final del tramo 2 y en el inicio de este tramo (770 m), se hundió aproximadamente a los 780 m bajo el piso del túnel quedando éste enteramente excavado en maicillo y en depósitos coluviales hasta los metros finales. En el portal de salida del túnel se observa un suelo coluvial depositado sobre el maicillo (**Fotografía 4-32**); este contacto es fácilmente apreciable en las paredes, el cual va subiendo a medida que se adentra en el túnel, de modo que ya a los 15 metros desde el portal de salida, el túnel se encuentra excavado en maicillo. Al llegar a los 58 metros, desde el portal de salida ya no es posible continuar reconociendo el túnel (**Fotografía 4-33**).

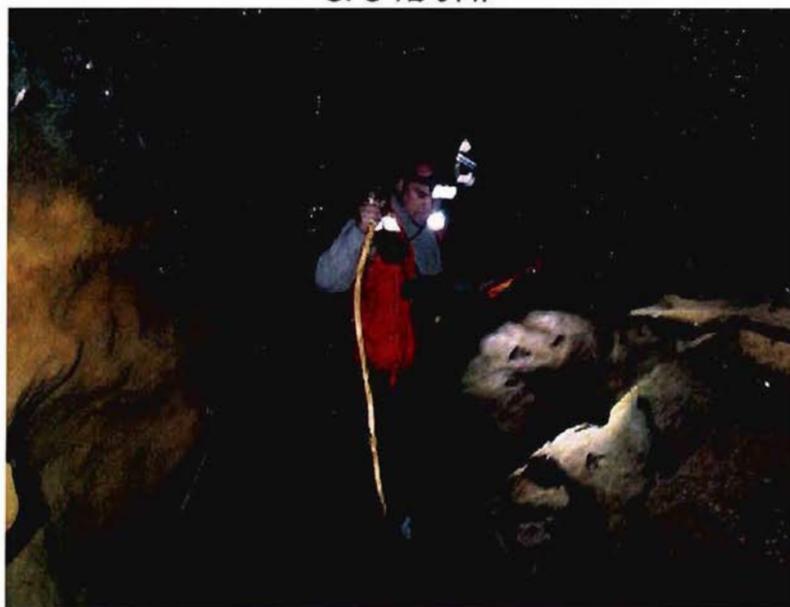
De acuerdo a la información entregada por los celadores del canal, en el inicio del tramo, pasado la última “lumbrera” 3, existiría una grieta o “cascada” que sería el resultado de la existencia de un desnivel en el tramo debido a un defecto constructivo. Efectivamente, al llegar a los 780 metros del túnel contados desde el portal de entrada, el piso se ve afectado por un gran socavamiento de profundidad superior a los 2,5 m (**Fotografía 4-34 y Fotografía 4-35**). Este socavamiento importante podría corresponder al inicio del sector de sumidero o “cascada”, que según los celadores tendría un desnivel de unos 10 metros aproximadamente, lo cual no pudo

ser comprobado durante la visita dada la imposibilidad de acceso. En todo caso, este tramo se excavó principalmente en maicillo y suelo coluvial. En el tramo final del túnel se observó además un socavamiento del piso del túnel lo que implicaría una posible búsqueda del perfil de equilibrio del cauce.

Fotografía 4-32.- Vista de detalle del portal de salida del túnel Porvenir. GPS TB 006.



Fotografía 4-33.- Vista del tramo 3 del túnel a los 58 m desde el portal de salida se observa el socavamiento del piso de más de 1,0 m de profundidad y que imposibilita el acceso. GPS TB 014.



Fotografía 4-34.- Vista del socavamiento del túnel a los 780 m partir del portal de entrada, en el tramo 3, indicativo de que el túnel se excavó en maicillo. GPS TB 091.

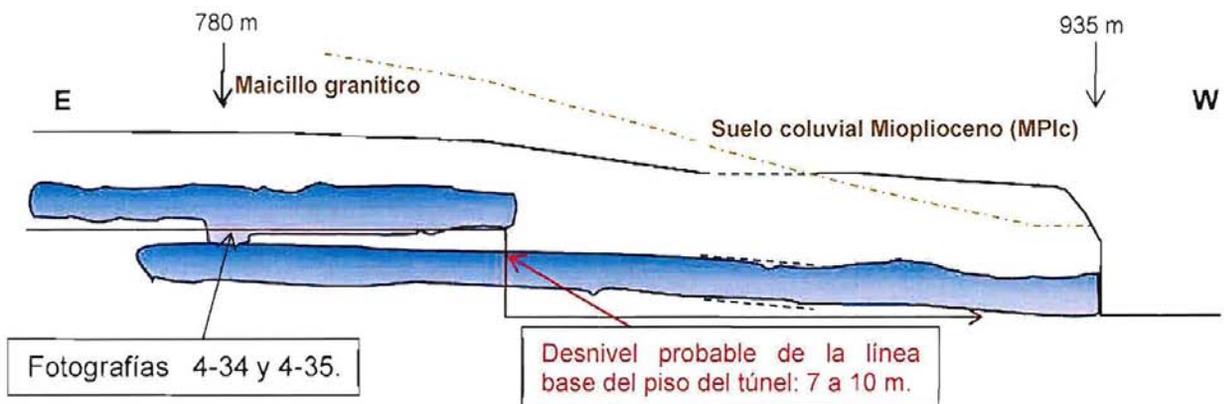


Fotografía 4-35.- Detalle del gran socavamiento en el piso del túnel al inicio del tramo 3, que podría corresponder al sumidero o “cascada”, señalado por los celadores, en los primeros 15 metros, aproximadamente, con una profundidad superior a los 2,5 m. GPS TB 089.



En la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., se muestra un perfil esquemático del unto descrito en el metro 780 del túnel Porvenir, el perfil es sólo esquemático debido a que en el momento de la visita, aún no se disponía de una topografía de superficie y tampoco se hizo un levantamiento topográfico del interior del túnel.

Figura 4-4.- Esquema explicativo de la discontinuidad del túnel Porvenir en el punto 780 m.



4.2.4 Conclusiones y Recomendaciones

Los primeros 15 a 20 m del túnel se excavaron en suelos coluviales compuestos por gravas gruesas con intercalaciones arenosas las cuales engloban en la base bloques de roca granítica formados "in situ". Entre los 20 metros y 92 metros el túnel fue excavado muy cerca o en la interface roca intrusiva/suelo coluvial siendo el contacto claramente visible a lo largo del túnel en algunos sectores. A partir de los 92 y hasta los 915 metros aproximadamente, el túnel se excavó en rocas intrusivas con diferentes grados de meteorización, desde W3 hasta W5 ("maicillo"). En los 15 metros finales, este túnel éste se excavó nuevamente en suelos de gravas e intercalaciones arenosas y parcialmente en maicillo (roca totalmente meteorizada).

Las discontinuidades reconocidas en el túnel (fracturas) no se muestran relacionadas con los procesos de sobreexcavación durante su construcción. En los tramos en donde se observan fracturas transversales al túnel se pueden apreciar también la presencia de algunos bloques probablemente desprendidos desde la clave, sin embargo dichos desprendimientos no son relacionables a las fracturas existentes sino que más bien al grado de meteorización de la roca en la que se excavó el túnel. Por lo tanto se puede concluir que la fracturas presentes en el túnel no afectan la estabilidad actual de éste.

Se recomienda mejorar la estabilidad del portal de entrada el que se ve afectado negativamente por la erosión superficial causada por las precipitaciones. Por otra parte, dado que el portal se

ubica vecino y bajo un camino con tráfico frecuente y dado el actual crecimiento poblacional del sector el tráfico vehicular podría tener impacto en la desestabilización del portal de entrada.

4.3 TÚNEL LOS BURROS.

4.3.1 Generalidades.

El Túnel Los Burros se localiza a 420 m al N60°W del portal de salida del túnel Porvenir, en el flanco izquierdo de la quebrada Las Ánimas, cruzando una loma alargada en sentido N25°W.

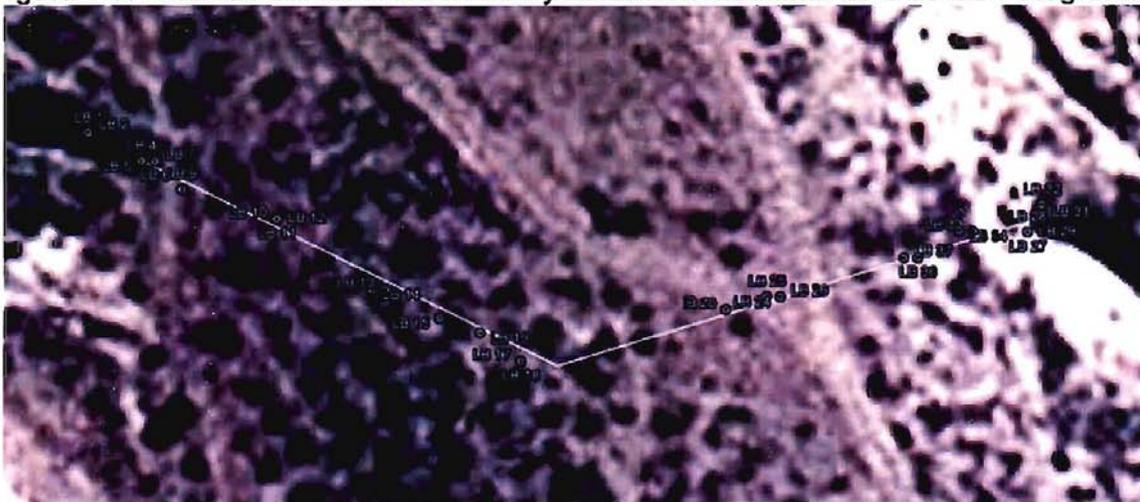
Este túnel tiene un largo de 71 metros, una sección de medio punto regular y altura de la clave variable entre 6,0 a 2,5 m. El ancho de la sección es de 3,0 m en promedio. La orientación general es N87°W; sin embargo, el túnel presenta un acodamiento en su parte media lo que se indica en la Tabla 4-4 siguiente.

Tabla 4-4: Orientación del eje central del túnel Los Burros.

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)	Tramo
0	24	N72°E	2,5	3	Portal entrada
12	36		3		
31	67	N65°W	5		
4	71		6	2,5	Portal salida

En la Figura 4-5 se presenta el trazado proyectado en superficie y la ubicación mediante GPS de las respectivas fotografías que se tomaron a lo largo del túnel.

Figura 4-5.- Trazado del túnel los Burros y ubicación mediante GPS de las Fotografías.



4.3.2 Geología.

El sector en donde se desarrolla el túnel afloran depósitos coluviales proximales, los que consisten predominantemente en arenas gruesas limosas (**Fotografía 4-36**) derivadas de la erosión de rocas intrusivas cretácicas que afloran en los cerros y lomajes aledaños, hacia el sur y al oeste del área. La loma que cruza el túnel corresponde enteramente a este tipo de material con una posibilidad de que en algunos sectores del piso, se encuentre la roca totalmente descompuesta (W6). No obstante, tanto las paredes como la clave del túnel se excavaron en el material ya descrito (arena gruesa, inmadura).

Estos depósitos corresponden, muy probablemente, a suelos acumulados durante el Mioplioceno, dada la morfología de terrazas antiguas y elevadas que ellos conforman. En este sentido mientras que el carácter polimíctico de las gravas presentes en el túnel Porvenir indican una fuente de proveniencia del material más lejana, los depósitos del túnel Los Burros indican una proveniencia local del material y por ende un menor transporte.

4.3.3 Caracterización Geológico-Geotécnica

Como ya fue mencionado, el túnel ha sido excavado enteramente en suelos correspondientes a arenas gruesas con un bajo porcentaje de finos limosos, poco transportadas, provenientes de la erosión de afloramientos rocosos cercanos. El material presenta una estratificación poco marcada con estratos mal diferenciados de 20 a 40 cm de espesor (**Fotografía 4-36**), en general de alta compacidad.

No se observaron fracturas y/o diaclasas en el túnel.

En la clave del túnel se observaron señales de desprendimientos de estratos (planchoneos). En el portal de salida estos planchoneos son significativos, abarcando parte importante de la clave (

Fotografía 4-37). En el interior del túnel se observaron planchoneos menores en el techo, pero muy abundantes, causados por infiltración de aguas superficiales (**Fotografía 4-38 y Fotografía 4-39**).

En las paredes se detectaron socavamientos en forma de suaves concavidades atribuibles a cavitación. Sobre la marca del nivel de aguas máximo se observaron algunas cuevas que sirven de abrigo para los nidos de lechuzas.

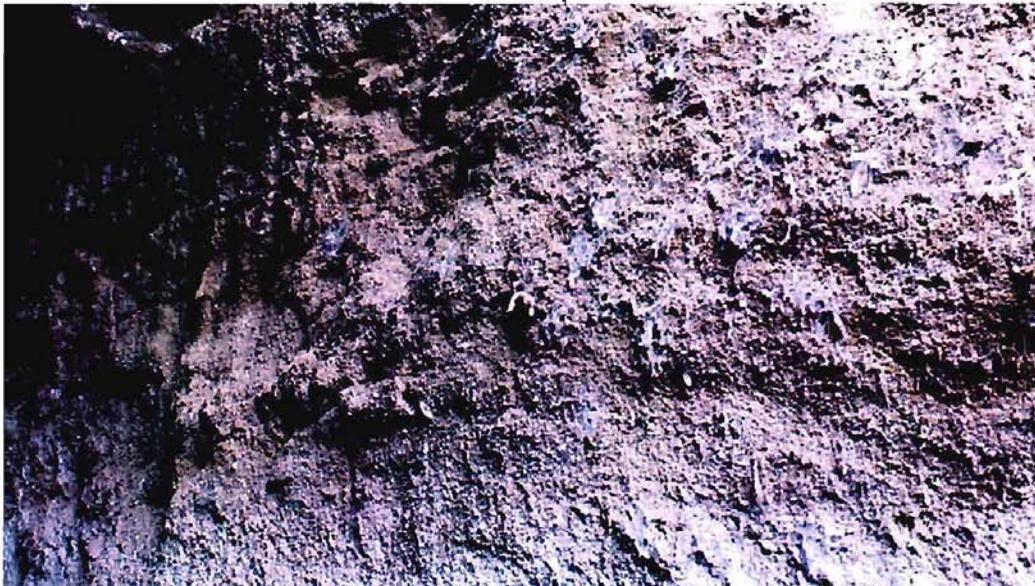
El túnel en general mantiene una sección de arco de medio punto, a pesar del socavamiento de la clave en los últimos 30 metros aproximadamente.

El portal de entrada tiene 2,5 m de alto y un ancho de 3 m, mientras que el portal de salida posee una altura de 6,0 m y un ancho de 2,5 m. Las alturas de la clave en este túnel no permiten el funcionamiento en presión de éste.

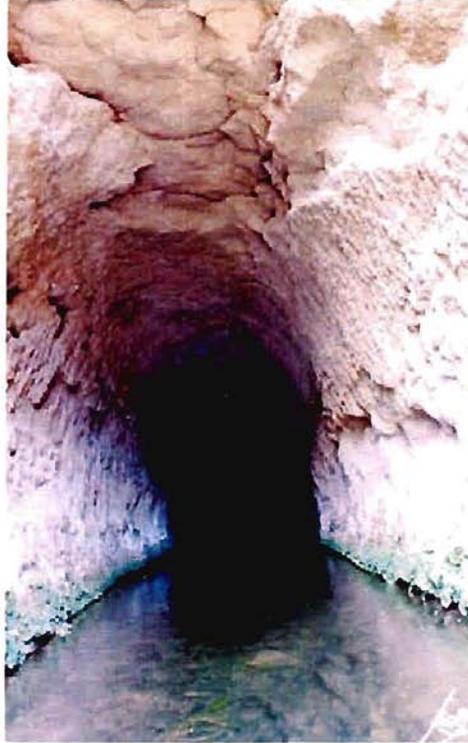
La cobertura de suelos en el portal de entrada alcanza unos 4 m y en el portal de salida el espesor es de unos 2,0 m (**Fotografía 4-40 y Fotografía 4-41**).

El piso del túnel se observa limpio sin bloques o bolones, ni tampoco huellas del material desprendido desde la clave. La explicación más probable es que los planchones estratos poco cementados, al caer desde el techo son disgregados rápidamente por el agua y transportados como arena y limo aguas abajo.

Fotografía 4-36.- Vista de detalle de la pared derecha del túnel Los Burros en el portal de entrada. Se aprecia claramente el suelo compuesto principalmente por arena gruesa y un esbozo de estratificación de los depósitos coluviales. GPS LB 6.



Fotografía 4-37.- Vista general del portal de salida del túnel Los Burros, mostrando socavamientos de la clave por planchoneo del material semilitificado. GPS LB 4.



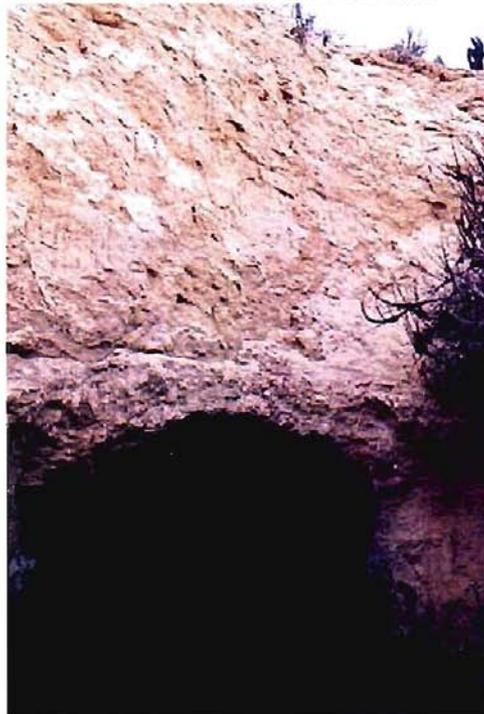
Fotografía 4-38.- Huellas de socavamiento en la clave del túnel en el sector central, a los 45 m del portal de entrada. La causa más probable es la infiltración de aguas superficiales que contribuye a disolver el cemento inicial de los suelos arenosos, causando pequeños desplomes parciales. GPS LB 13



Fotografía 4-39.- Socavamientos a unos 5 m del portal de entrada. GPS LB 37.



Fotografía 4-40.- Aspecto del portal de entrada mostrando el recubrimiento de maicillo y/o suelo residual. GPS LB 27.



Fotografía 4-41.- Portal de salida del túnel Los Burros. GPS LB 3.



4.3.4 Conclusiones y recomendaciones.

El túnel Los Burros fue excavado enteramente en suelo coluvial correspondiente a arenas poco transportadas, con un bajo porcentaje de finos limosos..

Se observaron socavamientos y/o desprendimientos desde la clave del túnel, especialmente en el sector del portal de salida. Estos fenómenos pueden explicarse por infiltraciones superficiales en la clave del túnel, lo que afectaría la estabilidad del material desprendiendo láminas o planchas que al caer al cauce se desintegran y son transportados como arena por la corriente. Estos eventos tienen vigencia actual y afectan la estabilidad de la clave.

El espesor promedio estimado para el recubrimiento del túnel se estimó entre 2 y 5 metros.

Se considera una obra estable por el momento, con la certeza de una degradación que dependerá de la aceleración o no de los desprendimientos desde la clave y que eventualmente concluirán a la larga en el derrumbe de la clave

Se recomienda colocar una capa de shotcrete de unos 10 cm de espesor para detener la degradación de los depósitos coluviales de la clave, especialmente en el portal de salida.

Se debe considerar que el terreno superficial atravesado por el túnel se encuentra en etapa de parcelación para su venta a privados. Dicha actividad puede interferir acelerando el proceso de socavamiento de la clave.

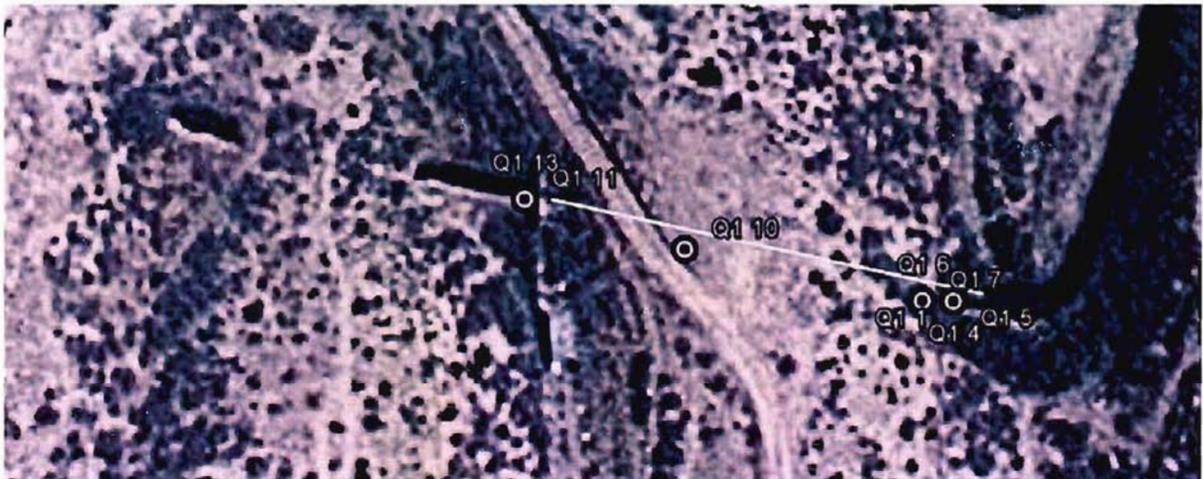
4.4 TÚNEL QUILACÁN 1.

4.4.1 Generalidades.

El Túnel Quilacán 1 se localiza a 1.950 m al S20°E del Km 15 de la ruta 41 (La Serena – Vicuña), punto de inicio de la ruta D-263, que permite el acceso a la quebrada Las Ánimas. El portal de entrada del túnel se ubica en el flanco sur de una pequeña quebrada EW afluente de la quebrada Las Animas. El túnel cruza un espolón de lomas bajas de orientación NS.

El túnel es rectilíneo y tiene una longitud de 55 metros, una sección irregular de 3,0 de alto por 2,5 m de ancho en el portal de entrada y de 2,5 m de alto por 2,5 m de ancho en el portal de salida. Su orientación es N78°W. En la Figura 4-6 se muestra el trazado del Túnel Quilacán 1 y la ubicación de las fotografías correspondientes mediante GPS.

Figura 4-6.- Trazado rectilíneo del túnel Quilacán 1 y ubicación de los puntos GPS.



4.4.2 Geología.

El túnel se excavó en rocas intrusivas correspondientes a monzodioritas cuarcíferas de piroxeno-anfíbola, con textura hipidiomórfica y tamaños de grano medios a grueso. Las rocas se encuentran moderada a fuertemente meteorizadas y presentan una cubierta regolítica de maicillo de espesor variable entre 0,2 a 0,5 m.

El suelo vegetal en el sector está ausente, sin embargo la reciente parcelación del sector ha dado origen a alteraciones antrópica locales del suelo natural.

Las rocas están afectada por sistemas de fracturas con orientaciones NS y EW. La edad de estas rocas se ha establecido en un rango de 100 a 97 Ma, ubicándolas en el Cretácico Superior basal (Cenomaniano).

4.4.3 Caracterización Geológico-Geotécnica

Tal como ya se mencionó el túnel se excavó en rocas intrusivas con un alto grado de meteorización igual a W4-W5 (Anexo 1) en ambos portales, mientras que hacia el interior del túnel la meteorización disminuye (W3) (Anexo 1).

La roca en ambos portales tendría una resistencia a la compresión simple menor a 25 MPa, mientras que en el resto del túnel se estimó entre 25 a 50 MPa.

En el portal de entrada y en los primeros 15 m del túnel se observaron 3 sistemas principales de fracturas (**Fotografía 4-42**):

S1: N90°W/65°-70°S

S2: N70°W/35°N

S3: N10°-20°W/80°E

En el portal de salida se midieron fracturas de orientación N10°E/75°-80°W probablemente asignables al sistema S3 (**Fotografía 4-43**).

Las densidades de fracturas son alrededor de 4 a 6 ff/m.

De acuerdo con los parámetros utilizados en el sistema de calificación del macizo rocoso RMR (Anexo 2), en los portales de entrada y salida el índice RMR tendría un valor de 34 lo que indica una roca de clase IV = Roca Mala. Para el interior del túnel el índice RMR es aproximadamente 43 indicando una roca de clase III = Roca de Calidad Regular.

En el portal de entrada la altura de la clave es de 3 m con un ancho de 2,5m, a los 5 a 7 m desde la entrada, la clave disminuye su altura a 2,0 m y el ancho aumenta a 3 m; entre los 30 a 38 m la clave disminuye hasta los 1,8 m de altura, mientras que el ancho se mantiene, en los últimos 17 metros el túnel conserva una clave de 2,5 m de alto y un ancho de 2, m.

En las partes más bajas de la clave se observan desprendimientos de bloques de pequeño tamaño (**Fotografía 4-44**), correspondiente a un proceso aún activo.

Las marcas del caudal máximo (**Fotografía 4-45**) indican que las partes más bajas del túnel podrían entrar en presión durante las crecidas, originando erosión y socavamientos en la clave.

El suelo del túnel se aprecia limpio, sin bloques que dificulten su recorrido.

El techo de roca en el portal de entrada y en el de salida es de unos 3 m, (**Fotografía 4-46 y Fotografía 4-47**) aumentando a unos 10 m hacia la parte central del túnel.

En ambos portales la combinación de sistemas de fracturas y fuerte meteorización de la roca hacen que ambos portales sufran deterioro por erosión durante las precipitaciones locales.

Fotografía 4-42.- Vista de detalle del portal de entrada del túnel Quilacán 1. Se observan los sistemas de diaclasas o fractura indicados en el texto. GPS Q1 4.



Fotografía 4-43.- Vista de detalle del costado derecho del portal de salida del túnel Quilacán 1 mostrando un sistema de fracturas transversales al eje del túnel. GPS Q1 11.



Fotografía 4-44.- Pequeños desprendimientos desde la clave del túnel. GPS Q1 8.



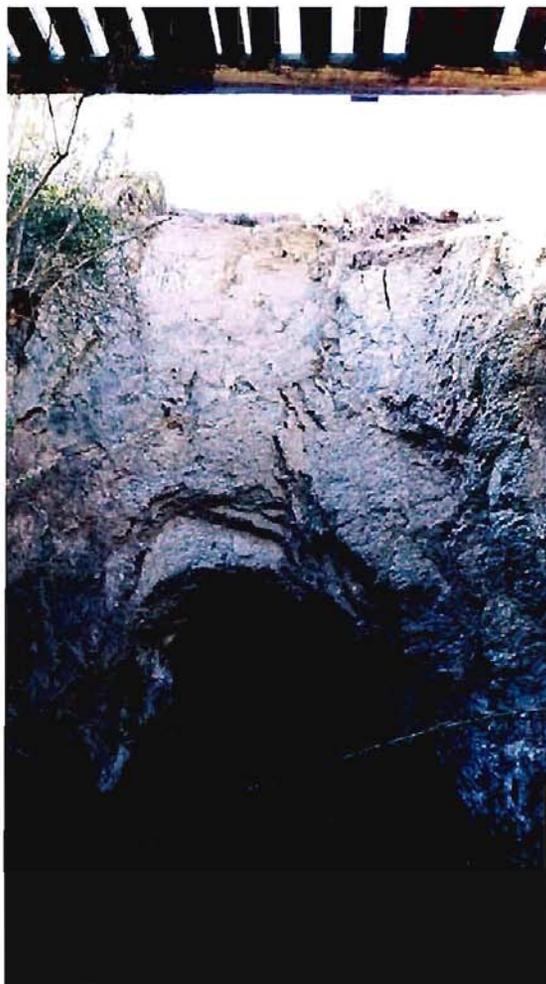
Fotografía 4-45.- Parte media del túnel mostrando marcas del caudal máximo en la zona de la clave del túnel, indicando el funcionamiento en presión de parte del túnel. GPS Q1 10.



Fotografía 4-46.- Panorama general del portal de entrada mostrando el espesor del techo de roca. GPS Q1 1.



Fotografía 4-47.- Vista del sector del portal de salida del túnel Quilacán 1. GPS Q1 13.



4.4.4 Conclusiones.

El túnel se excavó en rocas intrusivas y se encuentra en general en buen estado. Solo se recomienda un mejoramiento de ambos portales mediante shotcrete de unos 10 cm de espesor, para evitar que continúe la erosión de éstos.

4.5 TÚNEL QUILACÁN 2.

4.5.1 Generalidades.

El portal de entrada del Túnel Quilacán 2 se localiza aproximadamente a 15 m al N87°W del portal de salida del Túnel Quilacán 1.

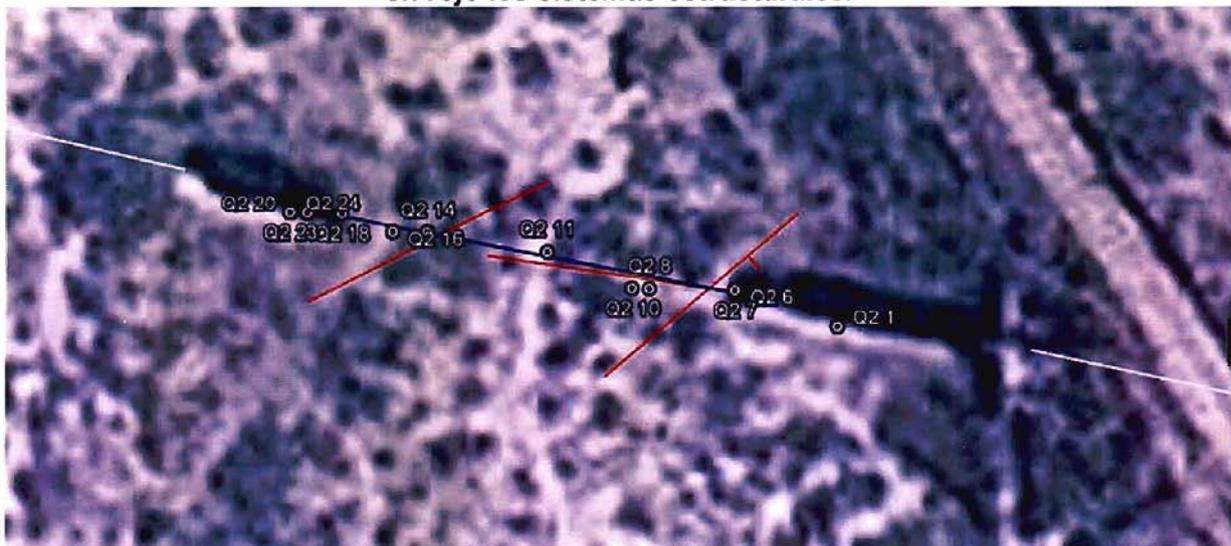
Es un túnel corto y recto con una longitud de 23 metros, una sección de 1,8 a 2,5 m de altura de la clave por 2,0 m de ancho, lo que se indica en la Tabla 4-5 siguiente. La orientación es N85°W muy similar a la del Túnel Quilacán 1 precedente.

Tabla 4-5.- Variaciones del alto y ancho de la sección del túnel Quilacán 2

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)	Tramo
0	0	N85W	2,5	2	Portal entrada
5	5		1,8	2	
17	22		1,8	2	Portal salida

En la Figura 4-7 se muestra la ubicación del túnel y los puntos GPS de las fotografías correspondientes; además se indican los extremos de los túneles Quilacán 1 y 3.

Figura 4-7.-Trazado del Túnel Quilacán 2 (en azul) ubicado entre los túneles Quilacán 1 y 3 (en trazos blancos a derecha e izquierda respectivamente). Se indican los puntos GPS y en rojo los sistemas estructurales.



4.5.2 Geología.

Este túnel, como los anteriores, se excavó en monzodioritas cuarcíferas de piroxeno-anfibola, con textura hipidiomórfica y tamaño de grano medios a grueso, con meteorización moderada a fuerte. Comparte las características geológicas y estructurales ya descritas para el Túnel Quilacán 1.

4.5.3 Caracterización Geológico-Geotécnica

El túnel se excavó completamente en rocas intrusivas con un grado de meteorización variable entre W4 a W5 (Anexo 1) en los portales, y W3 (Anexo 1) para el resto del túnel.

En el portal de entrada se reconocieron dos sistemas estructurales: S1: N85°W-EW/60°S-70°N y S2: N50°E/25°-30°SE, con densidades de fracturas de 3-4 ff/m y 2-3 ff/m respectivamente (**Fotografía 4-48**).

En el portal de salida se reconoció un tercer sistema estructural: S3:N65°E/75°S, con ff/m igual a 2-3 (**Fotografía 4-49**).

El sistema S1 muestra fracturas abiertas con relleno de minerales arcillosos duros con espesor del relleno superior a 5 mm. Sin embargo, aparentemente estas fracturas no alteran la estabilidad del túnel.

La resistencia a la compresión simple de la roca se estimó cercana o ligeramente superior a 50 MPa para el interior del túnel, mientras que en las zonas de los portales se estimó entre 25 y 50 MPa

El valor del índice RMR calculado para este túnel, es de 52 =Clase III, lo que indica que se trata de una Roca de Regular Calidad Geotécnica. En ambos portales el índice RMR es de 38 lo que corresponde a una roca de Clase IV equivalente a una Roca de Mala Calidad Geotécnica.

En el portal de entrada, la sección de medio arco es irregular con una altura de la clave de 2,5 m y un ancho de 2 m; a partir de los 5 m del túnel y hasta el portal de salida la altura de la clave se sitúa en 1,8 m, mientras que el ancho sigue en 2,0 m.

Las marcas de caudal máximo (**Fotografía 4-50**) indican que el túnel ha funcionado en presión en algunas ocasiones. No obstante no se observaron socavamiento de importancia aun cuando si se constató la existencia de pequeñas sobreexcavaciones en las paredes del túnel (lado izquierdo) en una zona de intersección de fracturas.

El piso se encuentra limpio de bloques o bolones.

El techo de roca en el portal de entrada es de unos 3,5 m de espesor y de 2,0 m en el portal de salida. En el resto del túnel el techo de roca es cercano a los 4,0 m (**Fotografía 4-51 y Fotografía 4-52**).

Fotografía 4-48.- Vista de detalle del portal de entrada del túnel Quilacán 2 mostrando fracturas o diaclasas descritas en el texto GPS Q2 6.



Fotografía 4-49.- Detalle en la pared izquierda del túnel cerca del portal de salida, mostrando diaclasas citadas en el texto. GPS Q2 18.



Fotografía 4-50.- Vista general del interior del túnel mostrando las marcas de nivel de caudal máximo, confirmando que este túnel suele funcionar en presión. GPS Q2 10.



Fotografía 4-51.- Vista general del sector del portal de entrada del túnel Quilacán 2. GPS Q2 1.



Fotografía 4-52.- Vista del sector del portal de salida del túnel Quilacán 2 GPS Q2 24.



4.5.4 Conclusiones y Recomendaciones.

Este túnel se encuentra en buenas condiciones de estabilidad y no presenta riesgos de socavamientos importantes al interior del mismo. Sin embargo, los sectores de los portales muestran roca de mala calidad geotécnica, lo que implica un riesgo de erosión y/o socavamiento con la posibilidad de obturación parcial o total del flujo. Se hace necesario asegurar la estabilidad de los portales mediante revestimientos adecuados.

4.6 TÚNEL QUILACÁN 3.

4.6.1 Generalidades.

El portal de entrada del Túnel Quilacán 3 se localiza a 47 m al N87°W del portal de salida del túnel Quilacán 1.

El túnel tiene un largo aproximado de 102 m, una sección irregular con altura de clave variable entre 4,0 y 1,5 de alto por 2,0 y 3,5 m de ancho; las variaciones de la sección se muestran en la Tabla 4-6 siguiente. Su orientación general es N82°W.

Tabla 4-6.- Tramos y dimensiones de la sección en el túnel Quilacán 3.

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)	Tramo
0	0	N80W	2,5	2	Portal entrada
5	5		1,7	2	Túnel en presión
4	9		2,5	2	
4	13		1,7	2	Túnel en presión
6	19		1,5	2	
5	24		1,5	2	
4	28		3	3	caverna
8	36		1,7	2	Túnel en presión
3	39		1,5	2	
11	50		2,5	2	
5	55		1,8	2	zanja en piso
8	63		1,8	2	
13	76		3,5	2	caverna
3	79		2,2	2	
10	89		2,5	2	
13	102		2,1	3	
0	102		4	3,5	Portal salida

En la Figura 4-8 se muestra el trazado rectilíneo del Túnel Quilacán 3, los sistemas estructurales principales y los puntos GPS de las fotografías correspondientes.

Figura 4-8.- Trazado del Túnel Quilacán 3 mostrando los sistemas estructurales predominantes (en rojo) y los puntos GPS asociados a las fotografías.



4.6.2 Geología.

Las características geológicas y estructurales son las descritas en los dos túneles anteriores. El macizo rocoso está conformado por rocas intrusivas como las ya mencionadas. En ambos portales la roca se muestra con un grado de meteorización variable que mejora notablemente hacia el interior del túnel.

En general, sobre la roca se ha desarrollado un sustrato superficial de maicillo de aproximadamente 0,3 m como máximo.

Los sistemas de fracturas predominantes se orientan según las direcciones generales EW, NE y WNW, destacando estas últimas estructuras ya que controlan el trazado del túnel en casi toda su extensión.

4.6.3 Caracterización Geológico-Geotécnica

El túnel se excavó en rocas intrusivas con diversos grados de meteorización. En el portal de entrada, así como en el de salida el grado de meteorización es igual W4, y en algunos sectores W5 (**Fotografía 4-53** y **Fotografía 4-54**). En el resto del túnel el grado de meteorización es igual a W3 (**Fotografía 4-55**).

En ambos portales la resistencia a la compresión simple estimada según el golpe del martillo, alcanzaría valores entre 25 y 50 MPa, mientras que en el interior del túnel ésta tendría entre 50 y 100 MPa.

En el portal de entrada así como en el de salida, se reconocieron al menos 4 sistemas estructurales principales (**Fotografía 4-53** y **Fotografía 4-54**):

S1: N77°W/60°-.55°N
S2: N79°W/50°-40°S
S3: N15°E/90°
S4: N88°W/50°N

Los sistemas S1 y S2 son sensiblemente subparalelos a la dirección del túnel y tienen una densidad de fracturas igual a 1-2 ff/m. En la parte central del túnel ambos sistemas se cruzan en la clave, la que adopta forma de V invertida (**Fotografía 4-56**). Algunas fracturas del sistema S2 son transversales al eje del túnel y la densidad del fracturamiento es de 4 a 6 ff/m, extendiéndose prácticamente a todo el túnel.

En ambos portales el índice RMR, determinado en base a los parámetros considerados (Anexo 2), tiene un valor igual a 40, lo que equivale a una roca de clase IV= Roca de Mala Calidad Geotécnica. En el resto del túnel, a partir de los 5 metros desde cada portal, la roca posee un índice RMR igual a 54 lo que equivale a roca de Clase III= Roca de Regular Calidad Geotécnica.

Cabe indicar que en las secciones del túnel con altura de clave menor o igual a 1,8 m, las trazas de los caudales máximos señalan que dichas secciones han trabajado en presión.

El piso del túnel se encuentra limpio de bloques, aun cuando en las paredes y clave ha sido posible observar huellas de pequeños desprendimientos favorecidos por el cruce de fracturas y la superficie interna del túnel.

A lo largo del túnel se observaron socavamientos y sobreexcavaciones en la clave (**Fotografía 4-53**; **Fotografía 4-54**; **Fotografía 4-55**; **Fotografía 4-56**; **Fotografía 4-57** y **Fotografía 4-58**), generalmente asociados a la intersección de la superficie de la sección con algunos de los sistemas de fracturas descritos y por la meteorización de la roca. Estas singularidades han creado un perfil transversal y longitudinal del túnel con secciones que varían en el alto y en el ancho. Ellas se indican en la Tabla 4-6 en las Generalidades.

En el portal de entrada el espesor del recubrimiento es de 4 m mientras que en el portal de salida es de sólo 2,0 m (**Fotografía 4-59** y **Fotografía 4-60**).

Fotografía 4-53.- Vista de detalle del portal de entrada del túnel Quilacán 3, mostrando el control estructural que ejercen los sistemas de fracturas. GPS Q3 13.



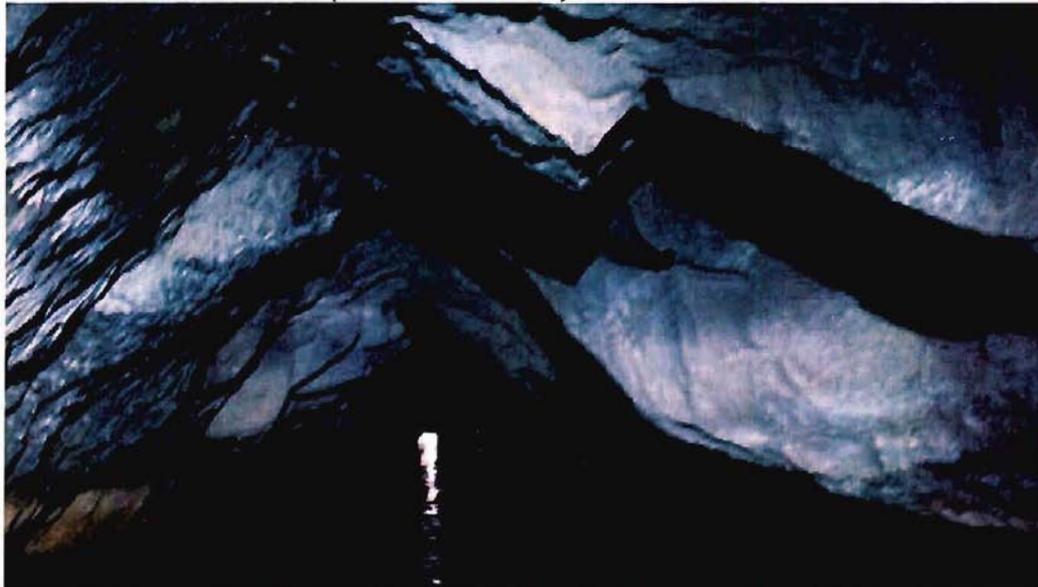
Fotografía 4-54.- Panorama del portal de salida del túnel Quilacán 3, que presenta algunos de los principales sistemas estructurales y el grado de meteorización de la roca intrusiva.
GPS Q3 31.



Fotografía 4-55.- Detalle de la clave del túnel Quilacán 3 mostrando trazas de la excavación del túnel, indicando además que se trata de una roca dura. GPS Q3 51.



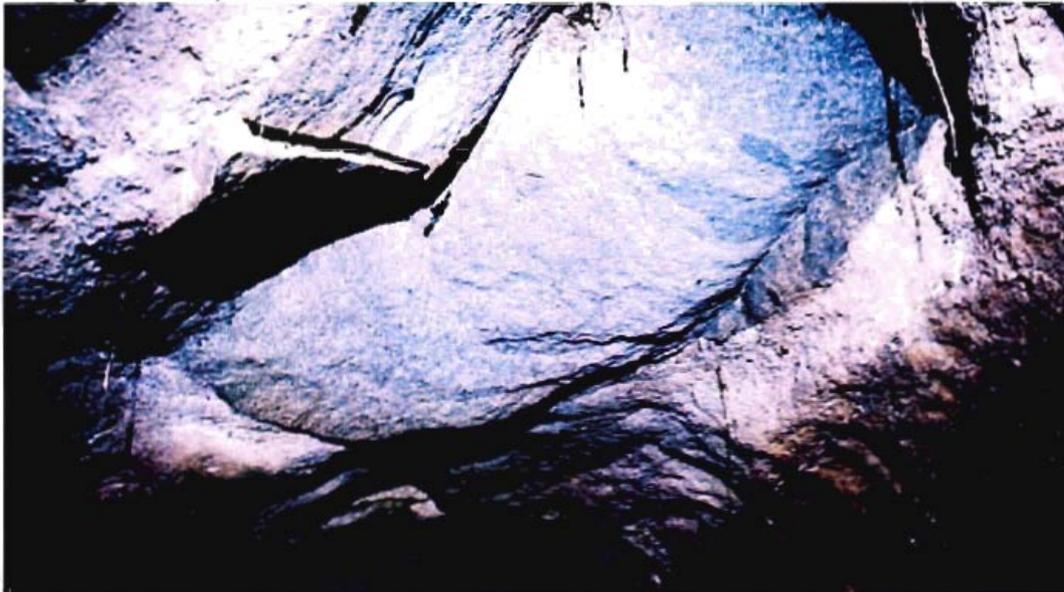
Fotografía 4-56.- Parte central del túnel Quilacán 3 en donde se visualiza la sección del túnel controlada por fracturas subparalelas al túnel. GPS Q3 22.



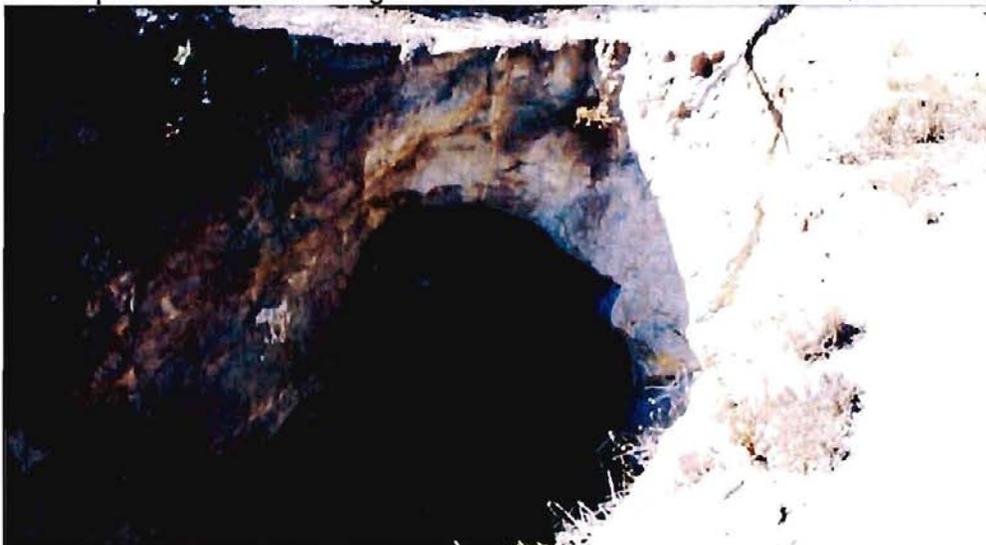
Fotografía 4-57.- Detalle del sector del túnel con altura de la clave inferior a 2,0 m, se observan las marcas de los caudales máximos adosados a la clave, lo que testimonia el funcionamiento en presión de esa parte del túnel. Además, se aprecia lo que podría corresponder a sobrexcautación o socavamiento por efecto combinado de la existencia de una fractura abierta y el fenómeno de circulación de agua en presión. GPS Q3 27.



Fotografía 4-58, Detalle de la sobrexcautación de la clave del túnel. GPS Q3 41.



Fotografía 4-59.- Vista general del portal de salida del túnel Quilacán 3. Se aprecia el espesor de la sobrecarga o recubrimiento del túnel. GPS Q3 41 1.



Fotografía 4-60.- Vista general del sector del portal de entrada, mostrando el espesor del recubrimiento o sobrecarga del túnel. GPS Q3 1.



4.6.4 Conclusiones.

El túnel se encuentra en condiciones estables en su mayor parte, a pesar de los socavamientos que son menores, los cuales no alcanzan a obstaculizar el flujo del agua. No obstante es conveniente señalar que en la zona de los portales, al igual que los túneles anteriores, los procesos de erosión y socavamiento son actuales y causados principalmente por precipitaciones locales intensas, dada la mala calidad de la roca y su alto grado de meteorización. Por lo tanto

se recomienda el mejoramiento de los sectores de los portales mediante el revestimiento de ellos mediante una capa de shotcrete de unos 10 cm de espesor para impedir la erosión.

4.7 TÚNEL QUILACÁN 4.

4.7.1 Generalidades.

El Túnel Quilacán 4 se localiza a 170 metros aproximadamente al N87°W del portal de entrada del Túnel Quilacán 1, a 950 m al S20°E del Km 15 de la ruta 41 (La Serena – Vicuña) punto de inicio de la ruta D-263, que permite el acceso a la quebrada Las Animas. El portal de entrada del túnel se ubica en el flanco sur de una pequeña quebrada EW, afluente de la quebrada Las Animas y cruza un espolón de lomas bajas de orientación NS.

El túnel posee una longitud aproximada de 75 metros, una sección de medio punto irregular con altura de clave variable entre 2,0 a 6,0 m de alto, por un ancho variable entre 2,5 hasta 5 m.

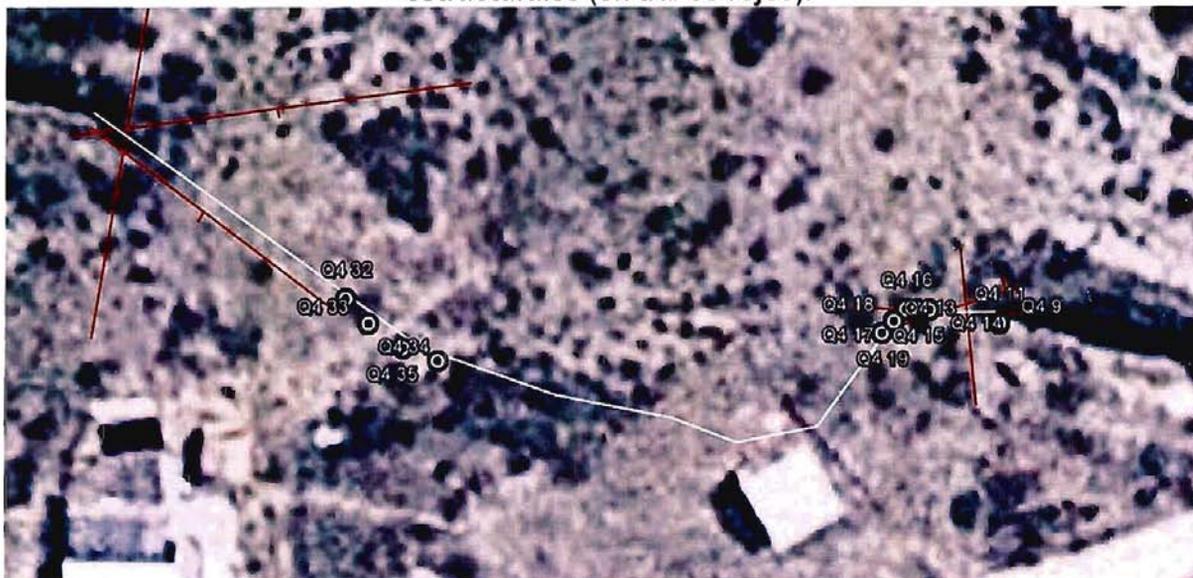
Su orientación general es N82°W coincidente con la orientación del túnel Quilacán 3; sin embargo, el trazado del túnel no es rectilíneo por lo cual se midieron los largos de los diferentes tramos y la orientación de cada uno de éstos, además de las variaciones del alto y ancho de la sección en cada tramo. Estos datos se presentan en la Tabla 4-7 siguiente.

Tabla 4-7: Variaciones en la orientación del túnel Quilacán 4 y las dimensiones de las respectivas secciones.

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)	Tramo
0	0	N90W	3,5	2,5	Portal entrada
8	8		6	5	caverna
12	20	N35E	3,5	3,5	
7	27	N78E	3,5	3	
6	33	N70W	3	2,5	
10	43	N82W	2	2,5	
12,5	55,5	N70W	2	2,5	
19,5	75	N65W	4	3,5	Portal salida

En la Figura 4-9 siguiente se presenta el trazado del túnel proyectado en superficie, además se indican los puntos GPS de las fotografías correspondientes y las orientaciones de los principales sistemas estructurales reconocidos (en rojo).

Figura 4-9.- Trazado del túnel Quilacán 4 (en trazo blanco) con la localización de los puntos GPS de las fotografías y las orientaciones de los principales sistemas estructurales (en trazos rojos).



4.7.2 Geología.

El túnel se excavó en roca intrusiva correspondiente a monzodioritas cuarcíferas de piroxeno-anfibola, análogas a las descritas para los Túneles Quilacán 1, 2 y 3 precedentes, con textura hipidiomórfica y tamaños de grano medios a grueso. Las rocas intrusivas se encuentran moderadamente a fuertemente meteorizadas y presentan una cubierta regolítica de maicillo de espesor variable entre 0,2 a 0,5 m en superficie. Estas rocas están afectadas por sistemas de fracturas con orientaciones generales EW predominantes

4.7.3 Caracterización Geológico-Geotécnica

Tal como ya se mencionó, el túnel ha sido excavado en rocas intrusivas similares a las ya descritas para los túneles anteriores. El grado de meteorización en el portal de entrada es igual a W4, en el interior del túnel el grado de meteorización es menor y tiene un valor de W3, en el portal de salida la roca se encuentra intensamente meteorizada (W5) y corresponde, en parte, a maicillo con bolones que sobresalen (Fotografía 4-61) producto de la meteorización bolar.

En el portal de entrada la resistencia a la compresión simple estimada en base al golpe del martillo tiene valores entre 25 y 50 MPa, mientras que al interior del túnel ésta alcanzaría entre 50 y 100 MPa. En el portal de salida el valor es menor a 25 MPa.

En el portal de entrada así como en los primeros metros del túnel se reconocieron 4 sistemas estructurales predominantes (Fotografía 4-62):

S1: N88°-90°W/60°-.65°N
S2: N90°W/85°-90°S
S3: N70°E/50°N
S4: N5°-10°W/90°

En los últimos 20 m cerca del portal de salida, se definieron otros importantes sistemas de fracturas de orientación (**Fotografía 4-63 y Fotografía 4-64**):

S5: N80°-85°E/70°S
S6: N50°-55°W/70°-75°S
S7: N10°-15°E/90°

Se detectaron además fracturas o diaclasas menores, generalmente transversales u oblicuas al túnel, pero de pequeñas dimensiones, inferiores a 1 metro de largo.

La densidad de fracturas de los sistemas principales es alrededor de 4 a 6 ff/m para cada sistema, sin embargo el paralelismo entre algunos de ellos, considera que la densidad aparente sea mayor.

En el portal de entrada el valor obtenido para el índice RMR es igual a 40 lo que indica que se trata de una Roca de Mala Calidad Geotécnica.

En el interior del túnel el índice RMR es igual a 54 indicando un roca de clase III= Roca de Regular Calidad Geotécnica.

En el portal de salida la roca tiene un índice RMR igual a 35 lo que significa que se trata de una roca de clase IV= Roca de Mala Calidad Geotécnica.

El portal de entrada tiene una sección de medio punto irregular de 3,5 m de alto y 2,5 m de ancho. El techo de roca en el es cercano a 4,0 m.

El portal de salida tiene una sección más irregular de 4.0 m alto y 3.5 m de ancho, con un techo de roca igual a 3.0 m (**Fotografía 4-65 y Fotografía 4-66**). El techo de roca varía a lo largo del túnel.

A partir de los 8 m y hasta los 20 m se desarrolló, por sobrecavación, una caverna de 6,0 m de alto y 5,0 m de ancho en la cual el túnel cambia de un rumbo originalmente EW a uno SW. Luego el túnel continúa retomando gradualmente una orientación EW para en la mitad final adoptar una dirección general NW hasta llegar al portal de salida.

No se observaron socavamientos importantes en la clave o en las paredes; el piso del túnel se observó limpio y sin bloques.

Fotografía 4-61.- Vista de detalle del portal de salida del Túnel Quilacán 4. Se aprecia la roca intensamente meteorizada (W5) y bloques redondeados resultantes de la descomposición bolar que afecta a la roca intrusiva. GPS Q4 3.



Fotografía 4-62.- Vista del portal de entrada del túnel Quilacán 4 mostrando algunos de los sistemas de fractura predominantes en el sector. GPS Q4 1.



Fotografía 4-63.- Aspecto de la parte final del Túnel Quilacán 4, mostrando sobreexcavación controlada por fracturas (ver texto). GPS Q4 30.



Fotografía 4-64.- Fracturas visibles en la pared izquierda del túnel, en el portal de salida; se visualizan algunas fracturas abiertas. GPS Q4 36.



Fotografía 4-65.- Vista del recubrimiento o sobrecarga del Túnel Quilacán 4 en el portal de entrada. Se reconoce en el primer metro una roca muy meteorizada (W5 a W6) y luego unos 2,0 metros correspondiente a roca con grado W4 de meteorización. GPS Q4 1B.



Fotografía 4-66.- Vista del sector del portal de salida del Túnel Quilacán 4, mostrando una superficie de roca descompuesta parcialmente a suelo residual. GPS Q4.



4.7.4 Conclusiones y Recomendaciones.

El túnel se encuentra en general estable con sólo algunos socavamientos en las paredes externas de los portales. El portal de salida presenta condiciones de estabilidad algo peores que el portal de entrada, debiendo analizarse la posibilidad de un revestimiento de shotcrete de unos 10 cm de espesor para mejorar la condición de estabilidad de este portal.

4.8 TÚNEL QUILACÁN 5

4.8.1 Generalidades.

El portal de entrada del Túnel Quilacán 5 se ubica a unos 32 m al WNW del portal de salida del Túnel Quilacán 4 y corresponde al último de esta serie de túneles cortos denominados genéricamente Quilacán.

Posee una longitud de 80 metros aproximadamente, una sección de medio arco, algo irregular en el portal de entrada y que mejora notablemente hacia el portal de salida. El alto de la clave es variable entre 1.6 m a 2,4 m y el ancho se mantiene entre 1,8 m y 2m. Este túnel es rectilíneo con orientación N65°W.

En la Figura 4-10 siguiente se muestra el trazado del túnel así como los puntos GPS correspondientes a las fotografías y los sistemas estructurales más relevantes.

Figura 4-10.- Trazado del túnel Quilacán 5 y su relación con singularidades de la superficie. (En blanco trazado; en rojo sistemas estructurales).



4.8.2 Geología.

El túnel se excavó principalmente en rocas intrusivas muy meteorizadas, correspondientes a monzodioritas cuarcíferas de piroxeno-anfibola, con textura hipidiomórfica y tamaños de grano medios a grueso, al igual que los túneles precedentes. Sin embargo, hacia la parte final del túnel, en los últimos 10 a 15 m del portal de salida, el túnel se excavó en sedimentos coluviales

gruesos compuestos por grava y bloques angulosos a subredondeados provenientes de la erosión de las mismas rocas intrusivas, las que se encuentran fuertemente meteorizadas presentando en superficie una cubierta regolítica de maicillo y/o suelo residual de espesor variable entre 1 a 5 m. Las rocas están afectadas por sistemas de fracturas con orientaciones WE. La edad de las rocas intrusivas, como ya se ha indicado más arriba, se ha establecido en un rango de 100 a 97 Ma, ubicándolas en el Cretácico Superior basal (Cenomaniano).

No existe una capa de suelo vegetal, pero sí una potente capa de maicillo y/o suelo residual. No obstante, la reciente parcelación del sector ha modificado drásticamente el paisaje natural de modo que actualmente se observan casas, caminos, cierres perimetrales y jardines en formación, etc. Ya sea en las cercanías y/o sobre el trazado del túnel, dichas interferencias podrían influir en la estabilidad futura del túnel.

4.8.3 Caracterización Geológico-Geotécnica

En el portal de entrada la roca (**Fotografía 4-67 y Fotografía 4-68**) se encuentra muy meteorizada con un grado de meteorización W4-W5, de acuerdo con los parámetros establecidos para esta característica (Anexo 1). El grado de meteorización no mejora hacia el interior del túnel, en donde gradualmente pasa a un maicillo o suelo residual (W5 a W6).

La resistencia a la compresión simple en base al golpe del martillo para la roca en el portal de entrada, se estimó entre 5 y 25 MPa.

Los sistemas estructurales que afectan a la roca sólo se aprecian en los primeros metros del túnel, aproximadamente hasta los 18 a 20 metros desde el portal de entrada, desapareciendo o no siendo visibles más allá de este punto debido a que el túnel se interna en "maicillo". Los sistemas de fracturas detectados son:

S1: N70°W/60°-70°S

S2: N65°-67°W/50°-60°1N

S3: N60°W/20°-25°S

Las frecuencias de diaclasamiento son bajas entre 2 a 4 ff/m para cada sistema

El índice RMR calculado para la roca en el portal de entrada, tiene un valor igual a 29 lo que indica una Roca de Mala Calidad Geotécnica (Anexo 2).

El portal de salida se excavó en un suelo de depósitos coluviales gruesos (gravas y bloques) (**Fotografía 4-69**) correspondientes a antiguos depósitos proximales generados durante el Mioplioceno en las rocas graníticas cretácicas.

Los depósitos muestran clastos y algunos bloques en una matriz subordinada de arena gruesa, el material posee alta compacidad.

Gran parte del túnel se excavó en suelo de "maicillo" y/o suelo residual compactado el que gradualmente reemplaza a la roca meteorizada. Hacia el final del túnel, en los últimos 15 metros

del portal de salida, se aprecia que el “maicillo” o suelo residual se hunde hacia el W bajo la capa de depósitos coluviales en los cuales se excavó el portal de salida.
Esta variación de materiales a lo largo del túnel es consistente con los rasgos geológicos y morfológicos observados en superficie.

La altura de la clave varía entre 1,6 hasta 2,4 m, siendo los primeros 22 metros los de menor altura y por lo tanto suelen entrar en presión con frecuencia.

Tabla 4-8: Variaciones de la altura de la clave y ancho de sección del túnel.

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)	Tramo
0	0	N65W	1,8	1,8	Portal entrada
12	12		1,7	1,8	
10	22		1,6	1,8	
7	29		2,2	2	
10	39		2,4	2	
10	49		2,4	2	
7	56		2	2	
10	66		2,2	2	
12	78		2,4	2	
2	80		2,2	2	
0	80		2	1,8	Portal salida

A los 39 y 49 metros del portal de entrada, se visualizan en la clave planchoneos. (**Fotografía 4-70 y Fotografía 4-71**). A los 70 m del portal de entrada, se ven socavamientos que afectan a la matriz de los depósitos coluviales, lo que se manifiesta al dejar a los clastos sobresaliendo de la superficie de las paredes y/o clave (**Fotografía 4-69**).

Fotografía 4-67.- Detalle del portal de entrada del túnel Quilacán 5 mostrando las fracturas principales que definen el trazado del túnel y el techo de roca. GPS Q5 9.



Fotografía 4-68.- Vista de detalle de la entrada al túnel Quilacán 5, mostrando sistemas estructurales paralelos al trazado de éste. GPS Q5 11.



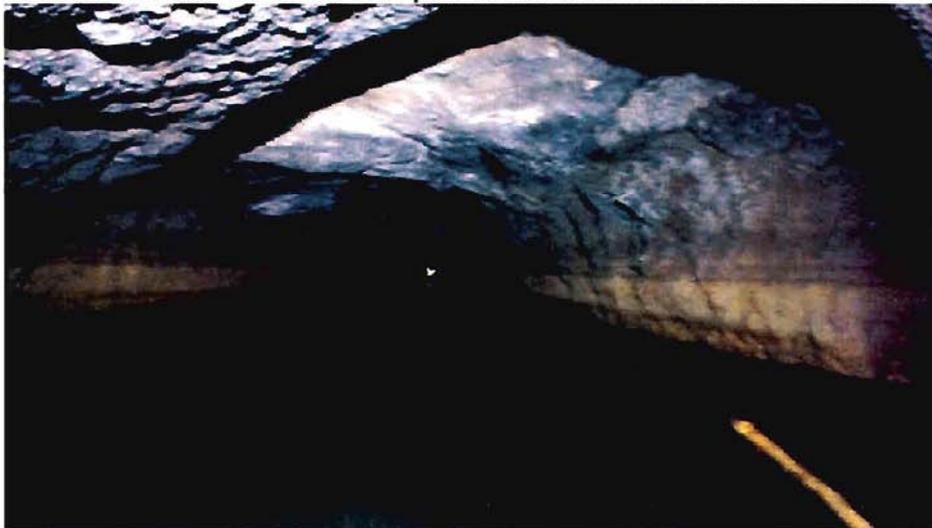
Fotografía 4-69.- Detalle del portal de salida del túnel Quilacán 5. Se observa suelo correspondiente a depósitos coluviales en los cuales se excavó el portal. GPS Q5 2.



Fotografía 4-70.- Detalle del interior del túnel en los primeros metros, mostrando sobreexcavación. GPS Q5 13.



Fotografía 4-71.- Parte media del túnel mostrando la clave más alta, por sobreexcavación del maicillo asociada a la presencia de fracturas. GPS Q5 18.



4.8.4 Conclusiones.

El túnel tiene altura de clave baja en algunos sectores, por lo que suele entrar en presión; sin embargo, su estabilidad no parece estar amenazada. Las condiciones de superficie indican que existe una casa o bodega instalada en o muy próxima a la zona de caverna (sobreexcavada) esta situación puede derivar en una interferencia grave que amenace la estabilidad de la clave.

4.9 TÚNEL EL MEMBRILLO

4.9.1 Generalidades.

El túnel se localiza al SE de la quebrada El Membrillo, situándose el portal de entrada en una pequeña quebradilla afluente de la quebrada mencionada, a una distancia de 45 m al WSW, en línea recta del portal de salida del túnel Quilacán 5. El portal de salida se ubica cercano al cauce principal de la quebrada El Membrillo.

Tiene una longitud de 352 metros aproximadamente, una sección de medio punto irregular con altura a la clave variable entre 2,2 m a 3,0 m de alto, con un ancho variable entre 2 a 2,4 m. La orientación general del túnel es $N65^{\circ}E$.

En la Figura 4-11 siguiente se muestra el trazado del túnel y los puntos GPS de las fotografías tomadas al exterior y al interior del túnel.

Figura 4-11.- Localización del túnel El Membrillo proyectada en superficie, para mostrar interferencias de singularidades superficiales con el túnel. (En trazo blanco trazado del túnel; en globo rojo se indica ubicación de "lumbraera").



4.9.2 Geología.

El túnel se excavó totalmente en sedimentos coluviales gruesos, proximales, compuestos por grava y bloques (**Fotografía 4-72**), todo el material es anguloso a subredondeado. La matriz es arena limoarcillosa de color pardo rojizo. El porcentaje de clastos varía entre 30 a 60%, estando la matriz subordinada.

Los clastos varían en tamaño desde grava a bloques, algunos de los cuales alcanzan hasta 0,5 m³ en volumen. El material presenta un grado de litificación incipiente, lo que le confiere una alta compacidad al depósito.

Sobre el trazado del túnel se ha desarrollado una intensa actividad inmobiliaria, de modo que prácticamente todo el túnel cruza por propiedades superficiales privadas (casas, terrenos, etc.).

4.9.3 Caracterización Geológico-Geotécnica

El suelo en que fue excavado el túnel corresponde a gravas y gravas arenosas con algunos bloques decimétricos a métricos. El suelo posee en general una compacidad alta por lo que no se observan socavamientos importantes.

En el portal de entrada y en los metros siguientes, hasta más o menos la mitad del túnel se observa que el piso y las paredes, hasta una altura de unos 1,8 m desde el piso (**Fotografía 4-72**) se excavaron en suelo de gravas gruesa y de bloques angulosos con un porcentaje de matriz menor a 40% siendo por tanto un suelo clastosoportado, mientras que la clave se excavó en grava arenosa gruesa matriz soportada. A partir de la mitad del túnel, más o menos, y hasta el portal de salida, el contacto entre las dos capas descritas va descendiendo hasta que toda la sección del túnel queda incluida en las gravas gruesas arenosas (**Fotografía 4-73**).

No se observaron fracturas ni grietas a lo largo del túnel, ni en los portales que afecten al depósito coluvial.

Solo en los portales de entrada y salida (**Fotografía 4-74** y **Fotografía 4-75**) se presentan sobreexcavaciones con anchos y altura de clave superiores al resto del túnel, aun cuando por otra parte, tales ensanchamientos pueden ser atribuidos también a la degradación natural de los sectores de los portales, debido a la erosión por precipitaciones locales intensas y en parte a socavamientos de la matriz arenosa que engloba los clastos y bloques. En la Tabla 4-9 siguiente se indican las variaciones de la altura de la clave y ancho de la sección.

Tabla 4-9: Altura de la clave y ancho de la sección del túnel El Membrillo.

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)	Tramo
0	0	N52E	3	2,4	Portal Salida
170	170		2	2	Lumbrera
130	303		2	2	
49	352		2,2	2,2	Portal Entrada

El túnel posee a los 180 m una "lumbrera" o ducto de ventilación (**Fotografía 4-76**); ella ha sido protegida en superficie con un murete de cemento por el propietario del predio superficial en el que se ubica.

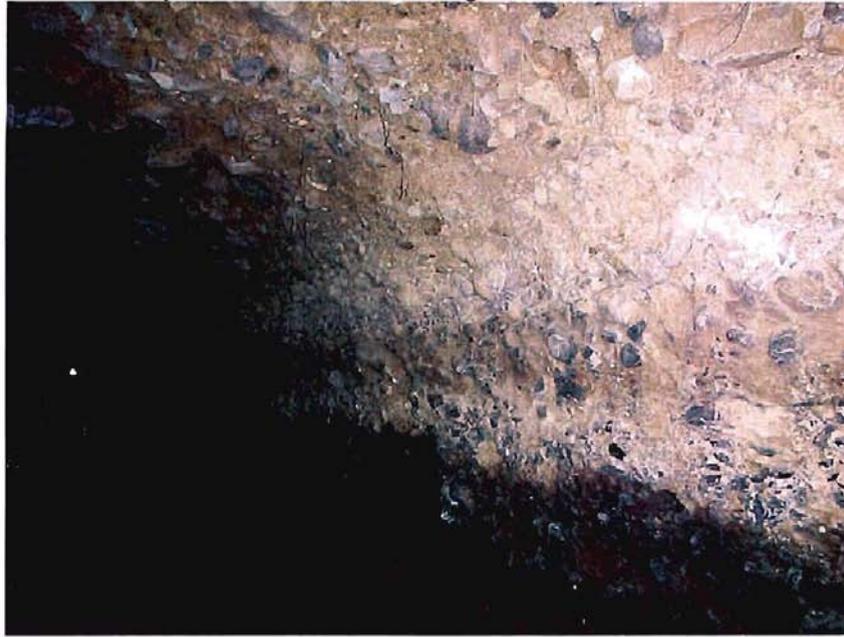
A lo largo del túnel y específicamente en los portales de entrada y salida y en los metros 12,0 a 15,0; 40 a 42 m y a los 190,0 a 195,0 m, se observaron en la clave bloques decimétricos a métricos que pueden desprenderse del techo (**Fotografía 4-77**; **Fotografía 4-78** y **Fotografía 4-79**).

En el portal de entrada el espesor del recubrimiento o sobrecarga es de unos 2,0 m y en el portal de salida la cobertura tiene una altura de 2,5 m. En la parte media del túnel se ha estimado un espesor de 7 m como máximo para esta cobertura (**Fotografía 4-74** y **Fotografía 4-75**).

Fotografía 4-72.- Aspecto general del portal de entrada del Túnel El Membrillo. Se aprecia la alta angulosidad del material clástico y su mala selección, propia de coluvios proximales. GPS EM 5.



Fotografía 4-73.- Aspecto del interior del túnel hacia los 100 m desde el portal de entrada. Se observa que está excavado en gravas arenosas. GPS EM 16



Fotografía 4-74.- Vista general del sector del portal de entrada del Túnel El Membrillo, se aprecia sobreexcavación y el espesor del recubrimiento. GPS EM 3



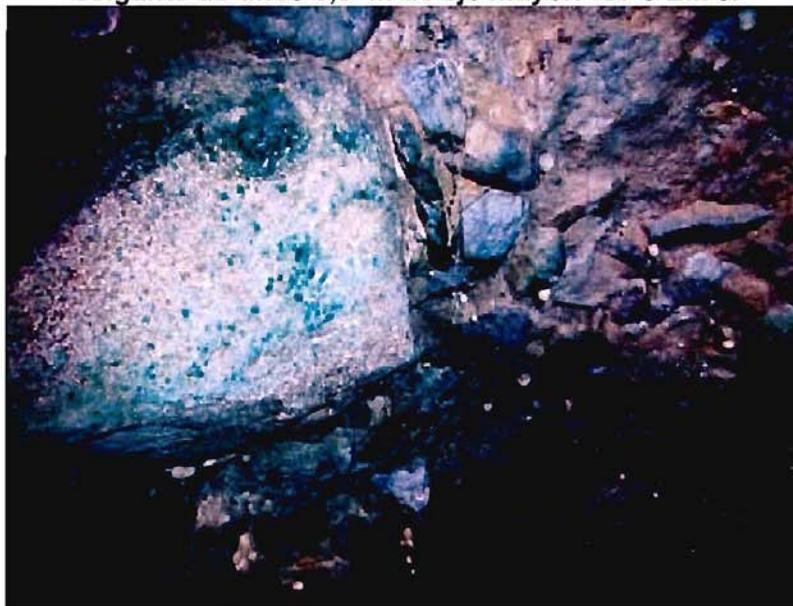
Fotografía 4-75.- Vista del sector del portal de salida del Túnel El Membrillo, mostrando el espesor del recubrimiento y sobreexcavación del portal. GPS EM 37.



Fotografía 4-76.- Detalle de la “lumbreira” o ducto de ventilación en el metro 181 del túnel excavada en grava arenosa. GPS EM 24.



Fotografía 4-77.- Detalle de la clave del túnel entre los 12 y 15 m, mostrando un bloque colgante de unos 0,8 m de eje mayor. GPS EM 9.



Fotografía 4-78.- Detalle de la clave en el metro 40-42 mostrando un bloque colgante de unos 0,7 m de eje mayor. GPS EM 27



Fotografía 4-79.- Vista de detalle de la clave del túnel entre los metros 190 a 195 (pasado la “lumbreira”) en la cual se aprecia una serie de bloques colgados de 0,3 a 0,4 m de eje mayor. GPS EM 38



4.9.4 Conclusiones.

El túnel presenta en general una buena estabilidad aparente y sin mayores problemas en cuanto a lo que se refiere a la circulación de agua. Sin embargo cabe hacer notar que la situación de estabilidad actual, puede cambiar drásticamente con el incremento de la urbanización y aumento de la densidad del poblamiento del sector. Este túnel en especial soporta actualmente una carga antrópica importante que podría generar eventuales fenómenos de hundimiento o subsidencias locales, que podrían derivar en procesos judiciales; en tal perspectiva parece conveniente estudiar el reforzamiento del túnel en algunos tramos.

4.10 TÚNEL LA CACHINA

4.10.1 Generalidades.

El túnel se ubica entre las quebradas El Membrillo y La Cachina. El portal de entrada se localiza en el margen izquierdo de la quebrada El Membrillo y el portal de salida se sitúa en el margen derecho de la quebrada La Cachina. El portal de entrada del túnel la Cachina se ubica a unos 90 al NW del portal de salida del túnel El Membrillo.

El túnel tiene una longitud de 420 metros aproximadamente, una sección variable entre 1,8 a 2,3 m de altura en la clave, por 2,0 m de ancho el que varía hasta 2,5 m en los portales. La orientación general es N55°-50°W.

En la Figura 4-12 siguiente se ilustra la ubicación del túnel proyectado en superficie, así como los puntos GPS correspondientes a las fotografías y a los sistemas estructurales principales (en rojo).

Figura 4-12.- Trazado del Tnel La Cachina ilustrando sus singularidades, sistemas estructurales y puntos GPS de fotografías. (En blanco trazado túnel, en verde cajón, en rojo fracturas, globo rojo indica posición de "lumbera").



4.10.2 Geología.

El túnel se excavó parcialmente en rocas y en sedimentos coluviales antiguos, de modo que a lo largo del túnel, es frecuente observar la interface roca/sedimento. Las rocas son rocas intrusivas de borde correspondientes a metandesitas y andesita afaníticas y, probablemente, en algunos sectores microdioritas. Estas facies están asociadas al borde occidental del complejo intrusivo del Cretácico Inferior del cerro La Cantera- Las Rojas, que aflora al sur del valle del río Elqui y

que intruye a la secuencia volcánica del cerro Cruz de Caña por el oeste. Estas rocas, con metamorfismo de contacto, se presentan en el sector del túnel con diversos grados de meteorización y afectadas por sistemas de fracturas. Los materiales clásticos en los que se excavó parcialmente el túnel, corresponden a depósitos de suelos coluviales proximales provenientes de los relieves montañosos localizados hacia el SW del sector y que forman parte de los depósitos antiguos pertenecientes a la Formación Confluencia (Mioceno-Plioceno) que forman las terrazas altas de la quebrada La Cachina.

4.10.3 Caracterización Geológico-Geotécnica

El túnel se inicia en el portal de entrada en suelo coluvial proximal, compuesto por gravas gruesas clastosoportadas de mala selección y clasificación (**Fotografía 4-80 y Fotografía 4-81**). La estratificación es poco apreciable. El material posee una gran heterogeneidad granulométrica y los clastos son predominantemente subangulosos a subredondeados. La matriz es arena media a gruesa, limoarcillosa, de color pardo rojizo. El porcentaje de clastos es de 50 a 60%, estando la matriz subordinada a los clastos.

El tamaño de los clastos varía desde grava a bloques, algunos de los cuales alcanzan hasta 0,5 m³ en volumen. El material presenta un grado de litificación incipiente, lo que le confiere una alta compacidad al depósito coluvial.

El portal de salida se excavó en rocas andesíticas y metandesitas, en algunas de las cuales se reconoce la textura porfídica, en tanto que la mayoría presentan una textura afanítica. La roca se presenta con un grado de meteorización igual a W3, que en algunos sectores alcanza grado W2 es decir ligeramente meteorizada (Anexo 1).

La resistencia a la compresión simple en base al golpe del martillo oscila entre 50 y 100 MPa.

Los sistemas de fracturas visibles en el macizo rocoso en el portal de salida corresponden a:

- S1: N45°W/65°S con densidad = 3 a 4 f/m
- S2: N75°E/80°N con densidad = 4 a 6 f/m
- S3: N35°W/85°NE con densidad = 1 a 2 f/m
- S4: N65°W/85°N con densidad = 3 a 4 f/m

Hacia el interior del túnel se apreciaron además fracturas persistentes (densidad = 4 a 6 ff/m), con orientaciones de:

- S1: N50°W/60°S
- S3: N45°W/90°
- S5: N25°E/35°W

Estos sistemas, especialmente los sistemas 1 y 4 controlan la forma de la clave del túnel en los sectores en donde éste se excavó en roca, hasta los 160 metros aproximadamente. En otros sectores del túnel aparecen dos sistemas conjugados S5 y S6 correspondientes a fracturas planas, lisas, de orientación general N45°-50°W/ 45°-50°NE y SW. Finalmente en otros sectores,

entre los 100 y 50 metro antes del portal de salida un sistema (S7) con orientación N20°-30°E/20°-30°W controla el techo del túnel. A diferencia de las fracturas visibles en los otros túneles estas son netas, de superficies lisas con cruces bien definidos entre los sistemas que se cruzan.

Entre el portal de entrada y el metraje 220 m aproximadamente, en el techo del túnel, se observan frecuentemente grandes bloques de roca subangulosos a subredondeados de tamaños decimétricos a métricos que prácticamente “cuelgan” desde la clave, solamente sostenidos por la incipiente litificación de la matriz. En algunos casos, durante la excavación del túnel, debieron ser rodeados para continuar la excavación (**Fotografía 4-82; Fotografía 4-83, Fotografía 4-84; Fotografía 4-85 y Fotografía 4-86**).

A partir del metro 220 ya indicado, en el piso y paredes del túnel comienza a aparecer la roca que se alza paulatinamente hasta llegar al sector de la “lumbreira” (**Fotografía 4-87**), en donde deja los depósitos coluviales expuestos sólo en el techo del túnel los que se mantienen en la clave del túnel hasta los 205 metros aproximadamente, en donde se construyó un cajón de hormigón, con longitud de 25 m y sección de 1.8 m de alto por 2.0 m de ancho (**Fotografía 4-88**), al parecer este tramo es una zona de refuerzo, probablemente por alguna zona inestable o derrumbe del túnel. Aparte de este cajón, el túnel no está revestido.

Desde ahí y hasta el portal de salida, el túnel se excavó en rocas metandesíticas fracturadas y los depósitos coluviales sólo aparecen en la clave del túnel en cortos intervalos en los metros .244-240; 250-245; 310-315 y 390-395 m, contados desde el portal de entrada. En esta última parte del túnel, los sistemas de fracturas subparalelos éste controlan la forma de la sección del túnel incluido el portal de salida (**Fotografía 4-89; Fotografía 4-90; Fotografía 4-91 y Fotografía 4-92**).

El túnel tiene una sección y perfil longitudinal irregular en sus paredes y clave, las secciones varían en alto desde 3,0 a 1,8 m y anchos entre 2,5 a 2,0 m, aun cuando los anchos mayores se localizan en ambos portales. En la Tabla 4-10 siguiente se presentan los tramos, la altura y el ancho respectivo de la sección.

Tabla 4-10: Alturas y anchos de secciones por tramos.

Distancia Parcial	Distancia acumulada	Rumbo túnel	Alto (m)	Ancho (m)	Tramo
	0	N55W	2,3	2,5	Portal entrada
33	33		3	2	socavaciones en clave
35	68		2,2	2	
32	100		2	2	
34	134		2,2	2	Bloques en perfil
20	154		1,8	2	
50	204		1,8	2	Bloques en perfil
38	242		2	2	lumbreira y contacto suelo/roca
25	267		1,8	2	inicio cajón de hormigón a los 250 m
58	325		1,8	2	final cajón de hormigón a los 275 m
68	393	N50W	2	2	
13	406		3	2	Contacto suelo /roca en clave túnel
12	418		2,2	2,2	Portal salida

En el portal de entrada, con una sección con clave de altura 3,0 m y ancho de 2,5 m, el espesor de la cobertura o sobrecarga es de 4,0 m (**Fotografía 4-80**) mientras que en el portal de salida, con altura de clave igual a 2,2 m y ancho de 2,2 m, el espesor del recubrimiento es de 3,0 m donde 1 m está en suelo y los 2 m restantes en roca (**Fotografía 4-92**).

No se observaron grandes bloques caídos en el piso del túnel, solo bloques centimétricos. El proceso de socavamiento por cavitación en los muros es moderado y afecta principalmente a la matriz de arena gruesa.

Fotografía 4-80.- Vista general del portal de entrada del túnel La Cachina excavado en depósitos coluviales proximales. GPS LC 2.



Fotografía 4-81.- Detalle de la pared izquierda del portal de entrada del túnel, ilustrando el aspecto de los depósitos en los que se excavó el portal. GPS LC 5



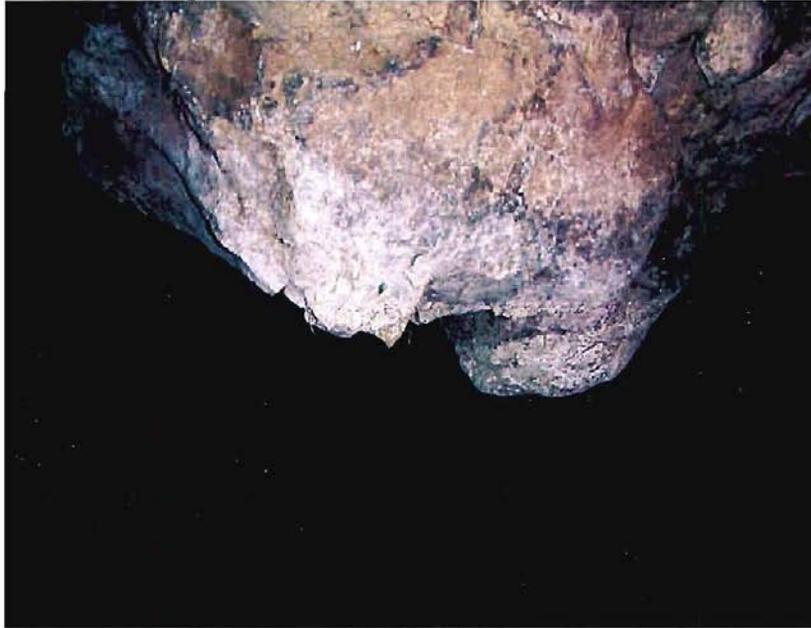
Fotografía 4-82.- Detalle del túnel a los 23 m, mostrando un gran bloque métrico colgando desde la clave. GPS LC 9



Fotografía 4-83.- Aspecto del túnel a los 95-98 m con un gran bloque métrico (> 2m) que condiciona la forma de la clave en esa parte del túnel. GHPS LC 17



Fotografía 4-84.- Detalle de la clave del túnel a los 105 m, que muestra otro bloque colgante de tamaño métrico. GPS LC 18



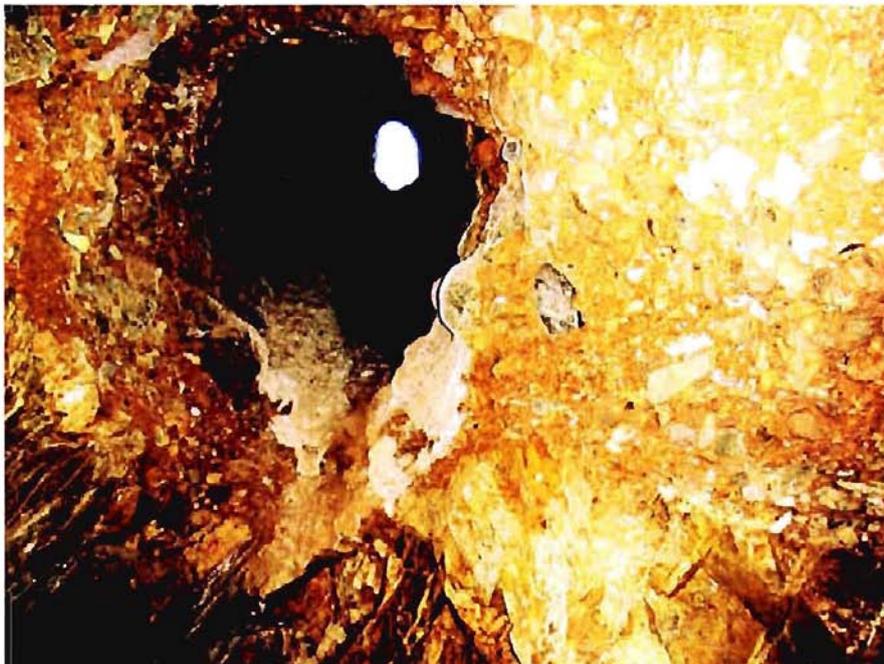
Fotografía 4-85.- Vista del interior del túnel a los 150 m desde el portal de entrada, mostrando bloques colgantes y otros que se proyectan desde las paredes del túnel. GPS LC 22



Fotografía 4-86.- Detalle del túnel a los 211 m, en donde se visualiza un gran bloque métrico sobresaliendo desde la clave, GPS LC 69.



Fotografía 4-87.- Vista de la “Lumbrera” excavada en depósito coluviales. En el lado inferior izquierdo de la imagen se aprecian rocas (metandesitas) que dominan la mayor parte de la sección del túnel, dejando a los depósitos coluviales sólo en la clave. GPS LC 73.



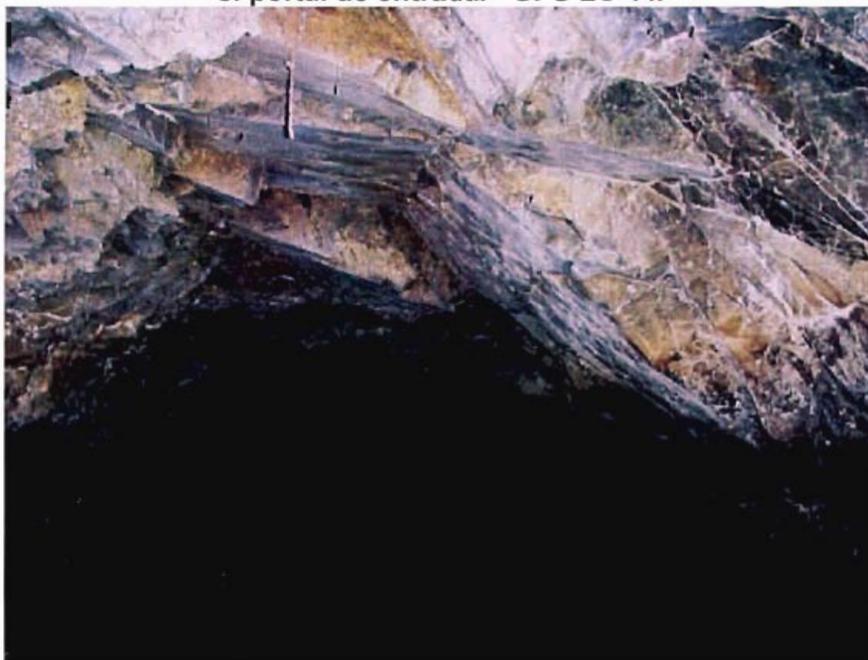
Fotografía 4-88.- Vista del interior del cajón de hormigón de 25 m de longitud. GPS LC 54.



Fotografía 4-89.- Vista de detalle de la clave del túnel en forma de techo a dos aguas, definida por la intersección neta de dos sistemas de fracturas paralelos al túnel en los 370 m desde el portal de entrada. GPS LC 46.



Fotografía 4-90.- Vista de las fracturas que controlan la clave del túnel a los 380 m desde el portal de entrada. GPS LC 44.



Fotografía 4-91.- Vista en detalle del portal de salida del Túnel La Cachina, mostrando el fracturamiento de las rocas metandesíticas. GPS LC 30.



Fotografía 4-92.- Vista del sector superior del portal de salida, mostrando fracturas y el recubrimiento del portal. GPS LC 28.



4.10.4 Conclusiones y Recomendaciones.

El túnel se observa estable en las condiciones actuales y no presenta un riesgo inmediato para la circulación del caudal de agua normal, aun cuando es probable que en algunos sectores, donde el techo es menor a los 2,0 metros de altura, pudieran producirse fenómenos de entrada en presión.

Respecto de los portales de entrada y salida su ensanchamiento indica que los procesos de erosión superficial, específicamente la erosión por precipitaciones locales, son activos y actuales. Se recomienda la protección de ambos portales mediante una capa de shotcrete de unos 10 cm de espesor.

ANEXO 1
EVALUACIÓN DEL GRADO DE METEORIZACIÓN DEL MACIZO
ROCOSO

Evaluación del Grado de Meteorización del Macizo Rocoso

Grado de Meteorización	TIPO	Descripción
I	Fresco	No aparece signo de meteorización.
II	Ligeramente Meteorizado	La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad. Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización.
III	Moderadamente Meteorizado	Menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente Meteorizado	Más de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece como una estructura continua o como núcleos aislados.
V	Completamente meteorizado	Todo el macizo rocoso aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo Residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material.

(ISRM, 19081).

ANEXO 2 CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO EN RELACIÓN AL ÍNDICE RMR

RMR (Bieniawski, 1989)

Publicado por Bieniawski (1976) y optimizado posteriormente en 1989 por el mismo autor, el Rock Mass Rating (RMR) se utiliza usualmente para el diseño y construcción de túneles, taludes y fundaciones.

El método RMR se basa en un sistema que asigna un puntaje a diferentes parámetros del macizo. De esta manera el índice de calidad RMR queda definido de acuerdo a la siguiente expresión.

$$RMR = P(UCS) + P(RQD) + P(J_s) + P(J_c) + P(W)$$

Dónde:

- UCS** = Resistencia a la Compresión Simple
- RQD** = Rock Quality Designation
- J_s** = Espaciamiento de las Discontinuidades
- J_c** = Condición de la Discontinuidad
- W** = Condiciones Hidrogeológicas

En función del tipo de excavación, el valor del RMR se corrige de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 1. Corrección RMR por la orientación de las discontinuidades.

Dirección y buzamiento		Muy favorable	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	taludes	0	-5	-25	-50	-60

En este caso, el criterio para definir si una orientación es favorable o desfavorable para la estabilidad del túnel, se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2. Influencia de orientación de las discontinuidades en un túnel

Dirección perpendicular al eje del túnel				Dirección paralela al eje del túnel		Buzamiento 0°-20°. Cualquier dirección
Excavación con buzamiento		Excavación contra buzamiento				
Buz- 45-90	Buz. 20-45	Buz. 45-90	Buz. 20-45	Buz. 45-90	Buz. 20-45	
Muy Favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Desfavorable

De acuerdo al resultado del RMR, que varía entre 0 y 100, el macizo rocoso se clasifica de la siguiente forma:

Tabla 3. Clasificación del Macizo Rocosos en base al índice RMR

Rango RMR		Clase	Descripción Roca
0	20	V	Muy Mala
21	40	IV	Mala
41	60	III	Regular
61	80	II	Buena
81	100	I	Muy Buena

**ANEXO 3
PUNTOS GPS Y FOTOGRAFÍAS RESPECTIVAS**

TABLA PUNTOS GPS TÚNEL LAS ROJAS

Nombre	Zona	UTM E	UTM N	Elevación
LR 1	19 J	300684	6680818	249 m
LR 1A	19 J	300689	6680812	243 m
LR 1C	19 J	300689	6680812	243 m
LR 3	19 J	300674	6680813	250 m
LR 5	19 J	300674	6680813	250 m
LR 6	19 J	300669	6680817	251 m
LR 8	19 J	300665	6680823	251 m
LR 10	19 J	300662	6680823	251 m
LR 11	19 J	300661	6680824	251 m
LR 12	19 J	300661	6680824	251 m
LR 13	19 J	300648	6680838	251 m
LR 16	19 J	300634	6680852	251 m
LR 17	19 J	300634	6680853	251 m
LR 19	19 J	300617	6680869	251 m
LR 21	19 J	300576	6680911	251 m
LR 23	19 J	300579	6680911	251 m
LR 25	19 J	300594	6680893	251 m
LR 26	19 J	300595	6680892	251 m
LR 29	19 J	300484	6681007	250 m
LR 30	19 J	300484	6681007	250 m
LR 31A	19 J	300492	6681010	235 m
LR 31B	19 J	300493	6681010	275 m
LR 31C	19 J	300495	6681008	273 m
LR 33	19 J	300484	6681006	234 m
TB 094	19 J	300665	6680822	256 m
TB 095	19 J	300665	6680822	256 m
TB 096	19 J	300665	6680822	256 m
TB 097	19 J	300665	6680822	256 m
TB 099	19 J	300653	6680835	256 m
TB 101	19 J	300645	6680843	256 m
TB 103	19 J	300633	6680848	256 m
TB 104	19 J	300632	6680848	256 m
TB 107	19 J	300631	6680856	256 m
TB 108	19 J	300631	6680856	256 m
TB 110	19 J	300626	6680864	256 m
TB 111	19 J	300626	6680864	256 m
TB 113	19 J	300612	6680887	256 m
TB 114	19 J	300612	6680887	256 m
TB 117	19 J	300603	6680890	256 m
TB 118	19 J	300603	6680890	256 m
TB 120	19 J	300598	6680892	256 m
TB 121	19 J	300598	6680892	256 m
TB 123	19 J	300577	6680916	256 m

TB 124	19 J	300577	6680916	256 m
TB 125	19 J	300577	6680916	256 m
TB 126	19 J	300575	6680916	256 m
TB 128	19 J	300551	6680947	256 m
TB 129	19 J	300551	6680947	256 m
TB 132	19 J	300538	6680963	256 m
TB 133	19 J	300538	6680963	256 m
TB 134	19 J	300538	6680962	256 m
TB 135	19 J	300538	6680962	256 m
TB 137	19 J	300520	6680976	256 m
TB 138	19 J	300520	6680977	256 m
TB 139	19 J	300520	6680976	256 m
TB 141	19 J	300489	6681004	256 m
TB 142	19 J	300488	6681003	256 m

FOTOGRAFIAS ASOCIADAS A LOS PUNTOS GPS DEL TÚNEL LAS ROJAS



Fotografía LR 1



Fotografía LR 1A



Fotografía LR 1C



Fotografía LR 3



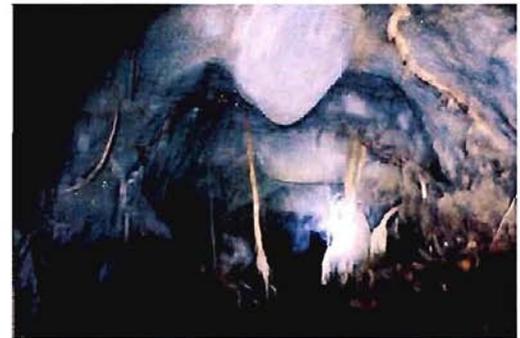
Fotografía LR 5



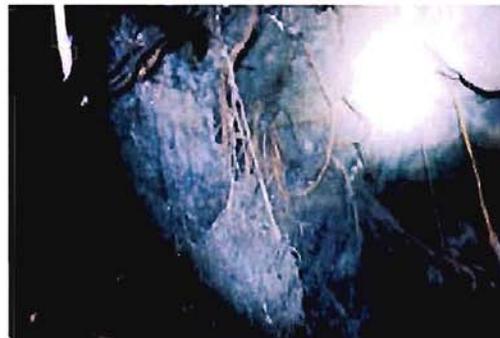
Fotografía LR 6



Fotografía LR 8



Fotografía LR 8



Fotografía LR 10



Fotografía LR 11



Fotografía LR 12



Fotografía LR 13



Fotografía LR 16



Fotografía LR 17



Fotografía LR 19



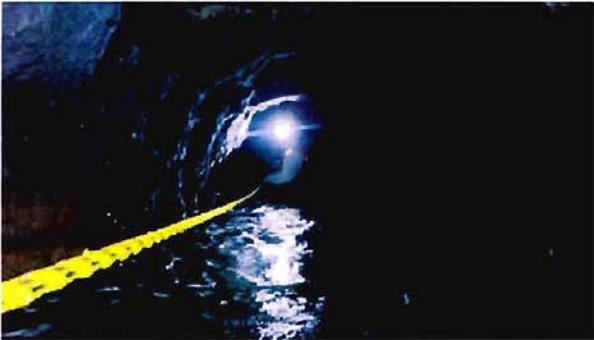
Fotografía LR 21



Fotografía LR 23



Fotografía LR 25



Fotografía LR 26



Fotografía LR 29



Fotografía LR 30



Fotografía LR 31A



Fotografía LR 31B



Fotografía LR 31C



Fotografía LR 33



Fotografía RB 94



Fotografía TB 95



Fotografía TB 96



Fotografía TB 97



Fotografía TB 99



Fotografía TB 101



Fotografía TB 103



Fotografía TB 104



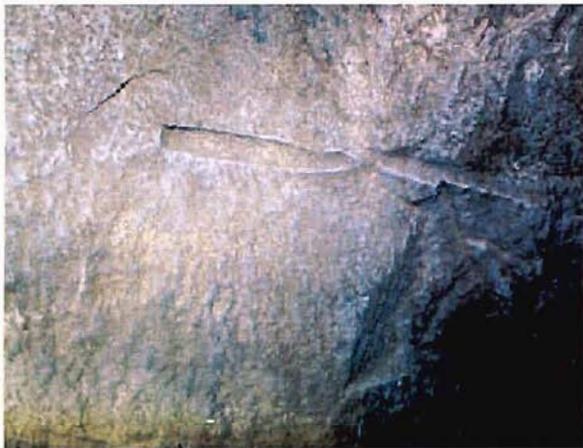
Fotografía TB 107



Fotografía TB 108



Fotografía TB 110



Fotografía TB 111



Fotografía TB 113



Fotografía TB 114



Fotografía TB 117



Fotografía TB 118



Fotografía TB 120



Fotografía TB 121



Fotografía TB 123



Fotografía TB 124



Fotografía TB 125



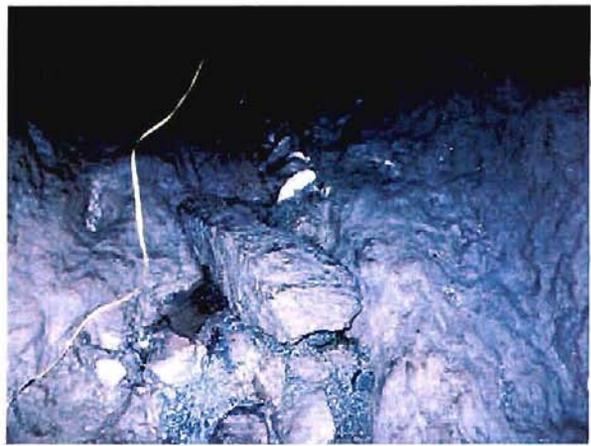
Fotografía TB 126



Fotografía TB 128



Fotografía TB 129



Fotografía TB 132



Fotografía TB 133



Fotografía TB 134



Fotografía TB 135



Fotografía TB 137



Fotografía TB 138



Fotografía TB 139



Fotografía TB 141



Fotografía TB 142

TABLA PUNTOS GPS TÚNEL PORVENIR

Nombre	Zona	UTM E	UTM N	Elevación
P 1	19 J	297718	6681084	230 m
P 2	19 J	297728	6681079	229 m
P 3	19 J	297728	6681078	229 m
P 4	19 J	297728	6681078	225 m
P 6	19 J	297721	6681082	225 m
P 7	19 J	297721	6681081	225 m
P 9	19 J	297710	6681086	225 m
P10	19 J	297711	6681087	225 m
P11	19 J	297706	6681089	225 m
P13	19 J	297700	6681091	225 m
P14	19 J	297700	6681091	225 m
P15	19 J	297700	6681091	225 m
P16	19 J	297696	6681092	225 m
P17	19 J	297693	6681094	222 m
P18	19 J	297693	6681094	222 m
P19	19 J	297693	6681093	222 m
P20	19 J	297684	6681097	222 m
P22	19 J	297684	6681097	222 m
P24	19 J	297674	6681102	222 m
P25	19 J	297674	6681101	222 m
P28	19 J	297674	6681101	220 m
P31	19 J	297674	6681102	220 m
P33	19 J	297653	6681110	220 m
P34	19 J	297654	6681110	220 m
P35	19 J	297653	6681111	220 m
P36	19 J	297652	6681111	220 m
P39	19 J	297645	6681113	220 m
P40	19 J	297639	6681117	220 m
TB 002	19 J	296833	6680974	218 m
TB 003	19 J	296834	6680974	219 m
TB 004	19 J	296834	6680974	219 m
TB 006	19 J	296836	6680975	216 m
TB 007	19 J	296836	6680975	216 m
TB 008	19 J	296834	6680975	216 m
TB 009	19 J	296838	6680976	216 m
TB 010	19 J	296839	6680977	216 m
TB 012	19 J	296845	6680979	216 m
TB 013	19 J	296845	6680979	216 m
TB 014	19 J	296846	6680980	216 m
TB 015	19 J	296852	6680983	216 m
TB 016	19 J	296852	6680983	216 m
TB 017	19 J	296852	6680983	216 m
TB 017a	19 J	296852	6680982	216 m
TB 018	19 J	296852	6680983	216 m

TB 019	19 J	296841	6680977	216 m
TB 021	19 J	296833	6680973	216 m
TB 022	19 J	296833	6680969	189 m
TB 024	19 J	297476	6681149	189 m
TB 025	19 J	297476	6681147	189 m
TB 026	19 J	297478	6681146	189 m
TB 027	19 J	297475	6681147	189 m
TB 029	19 J	297426	6681151	189 m
TB 030	19 J	297425	6681150	189 m
TB 032	19 J	297375	6681151	189 m
TB 033	19 J	297375	6681151	189 m
TB 035	19 J	297324	6681152	189 m
TB 036	19 J	297323	6681150	189 m
TB 038	19 J	297288	6681155	189 m
TB 039	19 J	297288	6681155	189 m
TB 040	19 J	297281	6681154	189 m
TB 042	19 J	297268	6681143	189 m
TB 043	19 J	297269	6681143	189 m
TB 046	19 J	297234	6681126	189 m
TB 047	19 J	297234	6681126	189 m
TB 049	19 J	297217	6681127	189 m
TB 050	19 J	297216	6681127	189 m
TB 051	19 J	297216	6681126	189 m
TB 053	19 J	297160	6681118	189 m
TB 054	19 J	297160	6681117	189 m
TB 055	19 J	297159	6681117	189 m
TB 056	19 J	297159	6681117	189 m
TB 058	19 J	297159	6681117	189 m
TB 060	19 J	297134	6681105	189 m
TB 061	19 J	297134	6681105	189 m
TB 062	19 J	297133	6681105	189 m
TB 063	19 J	297133	6681104	189 m
TB 064	19 J	297132	6681104	189 m
TB 065	19 J	297132	6681104	189 m
TB 068	19 J	297071	6681072	189 m
TB 069	19 J	297071	6681072	189 m
TB 070	19 J	297071	6681072	189 m
TB 074	19 J	297029	6681052	189 m
TB 075	19 J	297029	6681052	189 m
TB 076	19 J	297029	6681052	189 m
TB 078	19 J	297003	6681038	189 m
TB 079	19 J	297002	6681038	189 m
TB 080	19 J	297002	6681037	189 m
TB 081	19 J	297002	6681038	189 m
TB 084	19 J	296994	6681034	189 m
TB 085	19 J	296994	6681036	189 m
TB 086	19 J	296994	6681034	189 m
TB 087	19 J	296994	6681033	189 m

TB 089	19 J	296985	6681031	189 m
TB 090	19 J	296985	6681032	189 m
TB 091	19 J	296985	6681030	189 m
TB 092	19 J	296986	6681031	189 m

FOTOGRAFÍAS ASOCIADAS A LOS PUNTOS GPS DEL TÚNEL PORVENIR



Fotografía P 1



Fotografía P 2



Fotografía P 3



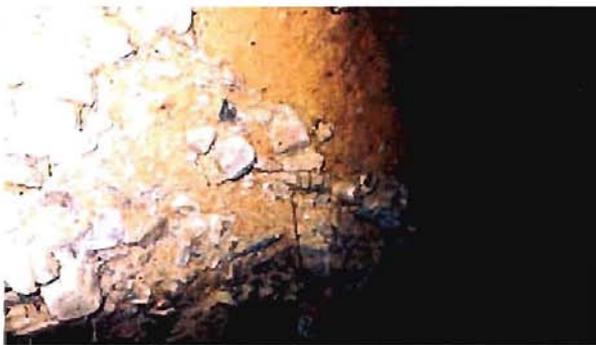
Fotografía P 4



Fotografía P 6



Fotografía P 7



Fotografía P 9



Fotografía P 10



Fotografía P 11



Fotografía P 13



Fotografía P 14



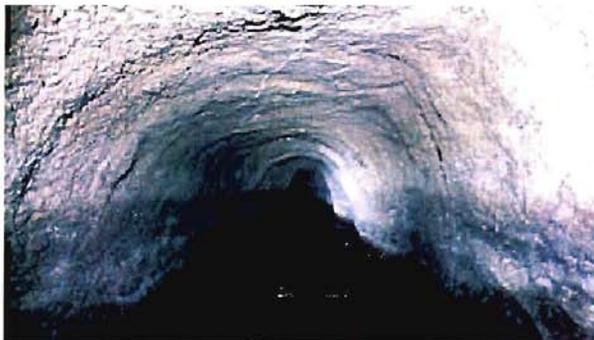
Fotografía P 15



Fotografía P 16



Fotografía P 17



Fotografía P 18



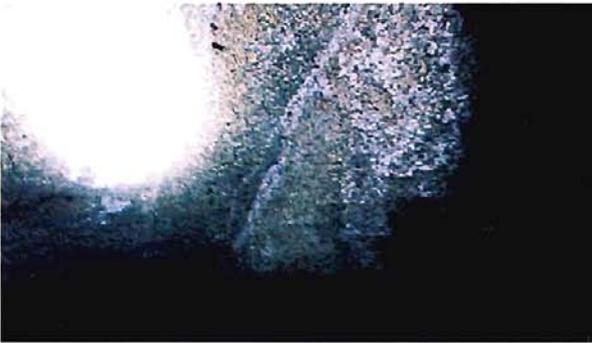
Fotografía P 19



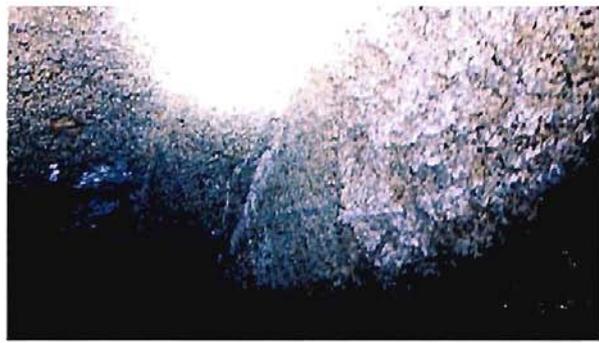
Fotografía P 20



Fotografía P 22



Fotografía P 24



Fotografía P 25



Fotografía P 28



Fotografía P 31



Fotografía P 33



Fotografía P 34



Fotografía P 35



Fotografía P 36



Fotografía P 39



Fotografía P 40



Fotografía TB 002



Fotografía TB 003



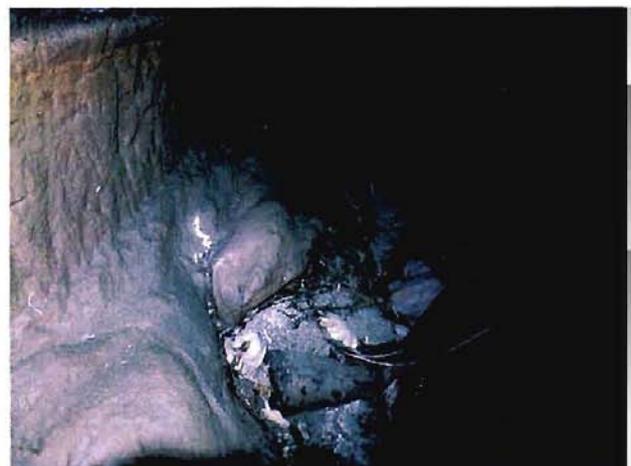
Fotografía TB 004



Fotografía TB 006



Fotografía TB 007



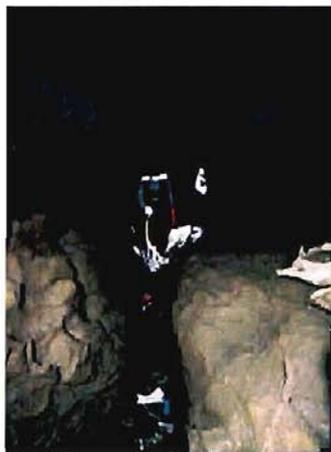
Fotografía TB 008



Fotografía TB 009



Fotografía TB 010



Fotografía TB 012



Fotografía TB 013



Fotografía TB 014



Fotografía TB 015



Fotografía TB 016



Fotografía TB 017



Fotografía TB 018



Fotografía TB 019



Fotografía TB 021



Fotografía TB 022



Fotografía TB 024



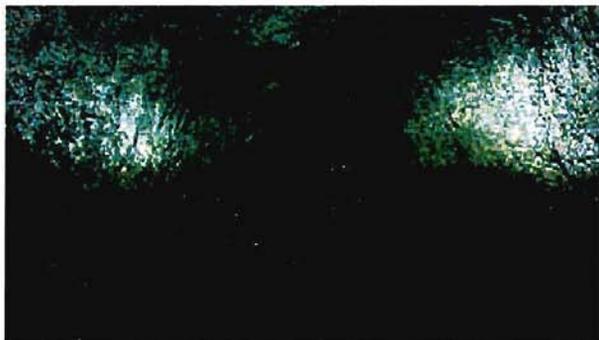
Fotografía TB 025



Fotografía TB 026



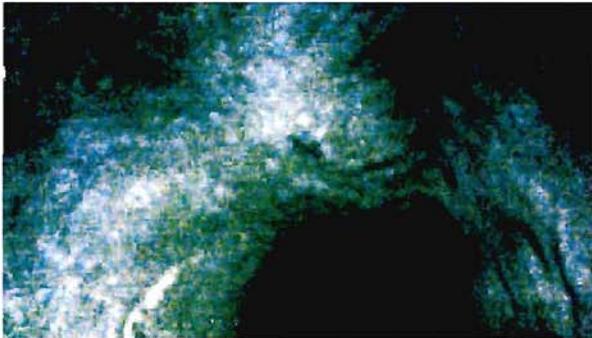
Fotografía TB 027



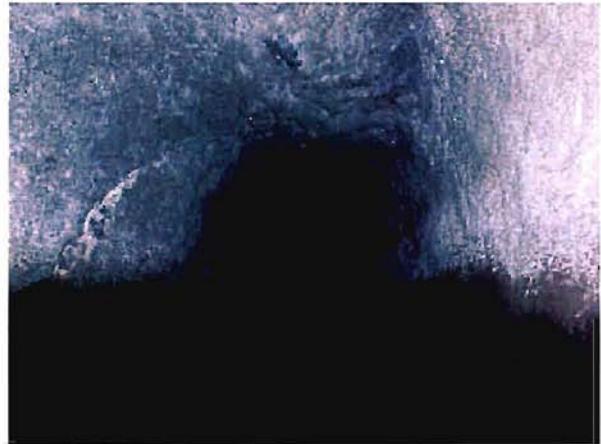
Fotografía TB 029



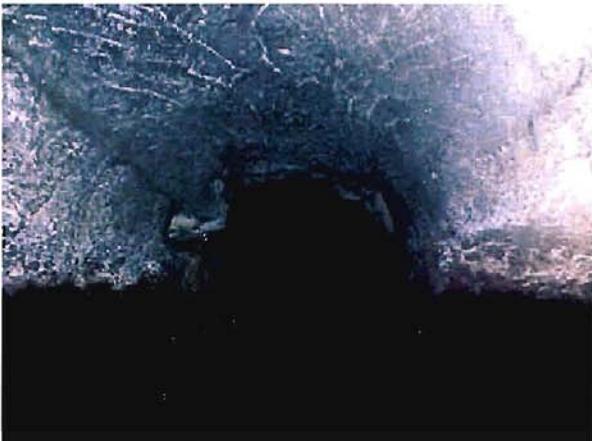
Fotografía TB 030



Fotografía TB 032



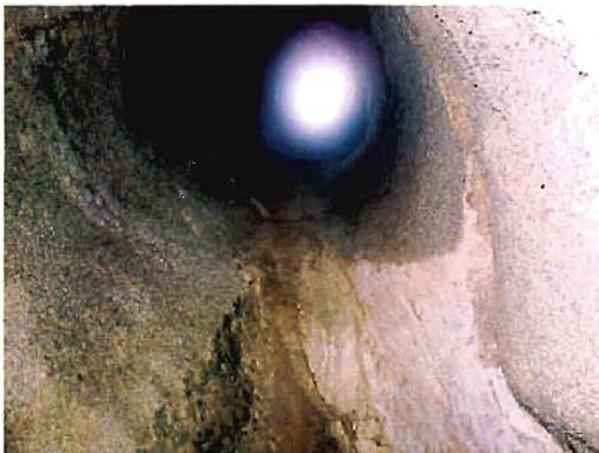
Fotografía TB 033



Fotografía TB 035



Fotografía TB 036



Fotografía TB 038



Fotografía TB 039



Fotografía TB 040



Fotografía TB 042



Fotografía TB 043



Fotografía TB 046



Fotografía TB 047



Fotografía TB 049



Fotografía TB 050



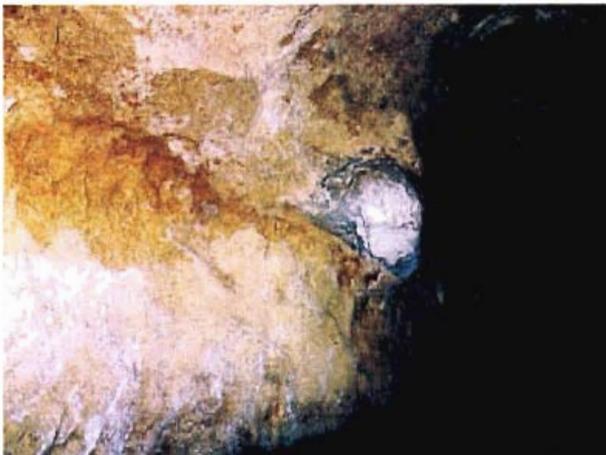
Fotografía TB 051



Fotografía TB 053



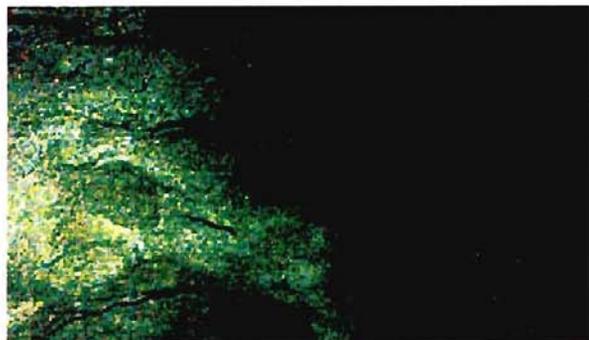
Fotografía TB 054



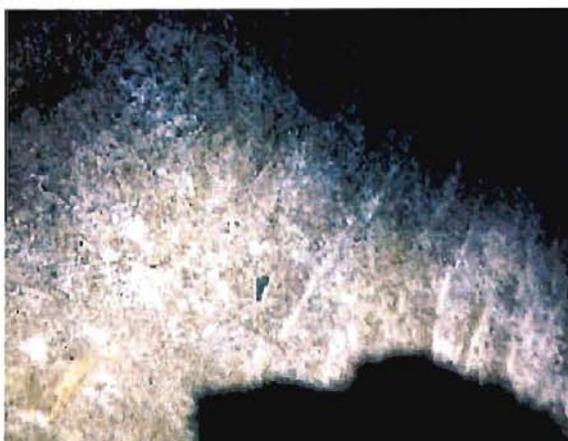
Fotografía TB 055



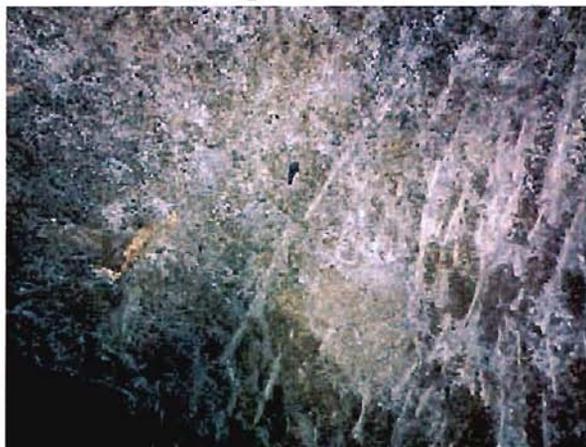
Fotografía TB 056



Fotografía TB 058



Fotografía TB 060



Fotografía TB 061



Fotografía TB 062



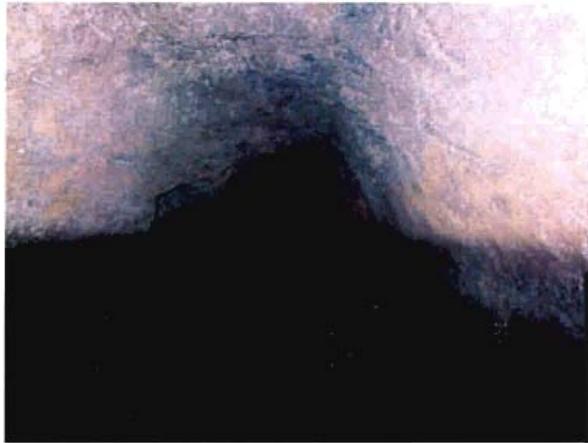
Fotografía TB 063



Fotografía TB 064



Fotografía TB 065



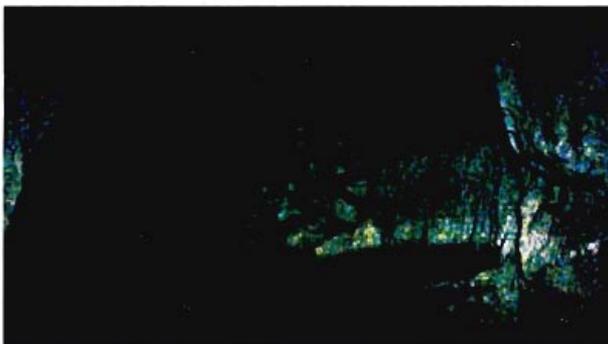
Fotografía TB 068



Fotografía TB 069



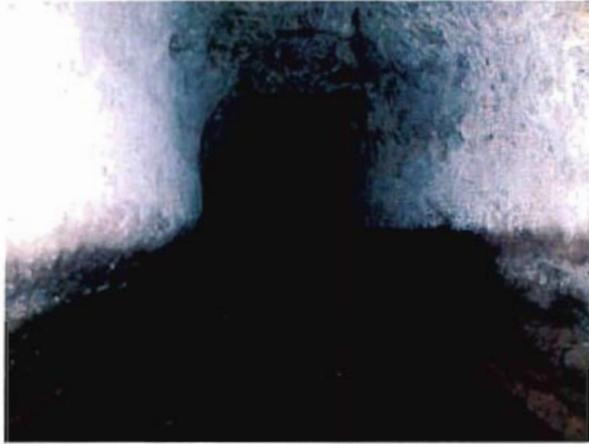
Fotografía TB 070



Fotografía TB 074



Fotografía TB 075



Fotografía TB 076



Fotografía TB 078



Fotografía TB 079



Fotografía TB 080



Fotografía TB 081



Fotografía TB 084



Fotografía TB 085



Fotografía TB 086



Fotografía TB 087



Fotografía TB 089



Fotografía TB 090



Fotografía TB 091



Fotografía TB 092

TABLA PUNTOS GPS TÚNEL LOS BURROS

Nombre	Zona	UTM E	UTM N	Elevación
LB 1	19 J	296425	6681192	212 m
LB 2	19 J	296425	6681193	212 m
LB 3	19 J	296422	6681191	212 m
LB 4	19 J	296429	6681190	211 m
LB 5	19 J	296429	6681190	211 m
LB 6	19 J	296430	6681190	211 m
LB 7	19 J	296430	6681190	211 m
LB 9	19 J	296432	6681188	211 m
LB 10	19 J	296439	6681186	211 m
LB 11	19 J	296439	6681186	211 m
LB 12	19 J	296439	6681186	211 m
LB 13	19 J	296447	6681181	211 m
LB 14	19 J	296446	6681181	211 m
LB 15	19 J	296451	6681179	211 m
LB 17	19 J	296457	6681176	211 m
LB 18	19 J	296457	6681176	211 m
LB 19	19 J	296454	6681178	211 m
LB 20	19 J	296472	6681180	211 m
LB 23	19 J	296475	6681181	211 m
LB 24	19 J	296476	6681181	211 m
LB 25	19 J	296475	6681181	211 m
LB 26	19 J	296476	6681181	211 m
LB 27	19 J	296494	6681186	216 m
LB 28	19 J	296494	6681186	216 m
LB 29	19 J	296494	6681186	216 m
LB 31	19 J	296495	6681187	221 m
LB 32	19 J	296495	6681188	221 m
LB 33	19 J	296490	6681186	221 m
LB 34	19 J	296489	6681186	221 m
LB 36	19 J	296486	6681184	221 m
LB 37	19 J	296485	6681184	221 m

FOTOGRAFÍAS ASOCIADAS A LOS PUNTOS GPS DEL TÚNEL LOS BURROS



Fotografía LB 1



Fotografía LB 2



Fotografía LB 3



Fotografía LB 4



Fotografía LB 5



Fotografía LB 6



Fotografía LB 7



Fotografía LB 9



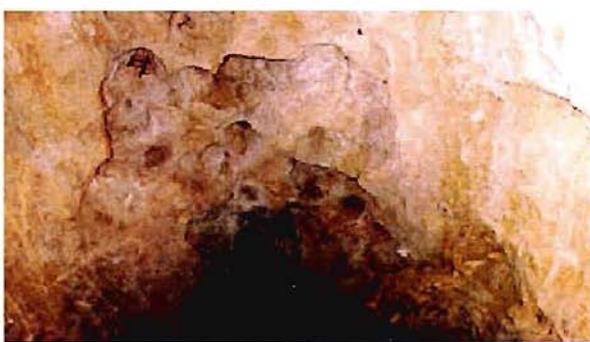
Fotografía LB 10



Fotografía LB 11



Fotografía LB 12



Fotografía LB 13



Fotografía LB 14



Fotografía LB 15



Fotografía LB 17



Fotografía LB 18



Fotografía LB 19



Fotografía LB 20



Fotografía LB 23



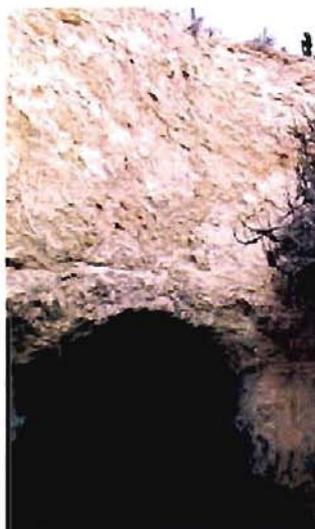
Fotografía LB 24



Fotografía LB 25



Fotografía LB 26



Fotografía LB 27



Fotografía LB 28



Fotografía LB 29



Fotografía LB 31



Fotografía LB 32



Fotografía LB 33



Fotografía LB 34



Fotografía LB 36



Fotografía LB 37

TABLA PUNTOS GPS TÚNEL QUILACÁN 1

Nombre	Zona	UTM E	UTM N	Elevación
Q1 1	19 J	295942	6682085	215 m
Q1 4	19 J	295942	6682085	215 m
Q1 5	19 J	295942	6682085	215 m
Q1 6	19 J	295938	6682085	216 m
Q1 7	19 J	295938	6682085	216 m
Q1 10	19 J	295907	6682091	216 m
Q1 11	19 J	295886	6682097	216 m
Q1 13	19 J	295886	6682097	202 m

FOTOGRAFÍAS ASOCIADAS A LOS PUNTOS GPS DEL TÚNEL QUILACÁN 1



Fotografía Q1 1



Fotografía Q1 4



Fotografía Q1 5



Fotografía Q1 6



Fotografía Q1 7



Fotografía Q1 10



Fotografía Q1 11



Fotografía Q1 13

TABLA PUNTOS GPS TÚNEL QUILACÁN 2

Nombre	Zona	UTM E	UTM N	Elevación
Q2 1	19 J	295872	6682100	207 m
Q2 6	19 J	295872	6682100	207 m
Q2 7	19 J	295872	6682100	208 m
Q2 8	19 J	295867	6682100	208 m
Q2 10	19 J	295866	6682100	208 m
Q2 11	19 J	295861	6682102	208 m
Q2 13	19 J	295854	6682103	208 m
Q2 14	19 J	295854	6682103	208 m
Q2 15	19 J	295852	6682103	208 m
Q2 16	19 J	295852	6682103	208 m
Q2 20	19 J	295846	6682104	208 m
Q2 21	19 J	295847	6682104	208 m
Q2 22	19 J	295847	6682104	208 m
Q2 23	19 J	295846	6682104	208 m
Q2 24	19 J	295846	6682104	208 m

FOTOGRAFÍAS ASOCIADAS A LOS PUNTOS GPS DEL TÚNEL QUILACÁN 2



Fotografía Q2 1



Fotografía Q2 6



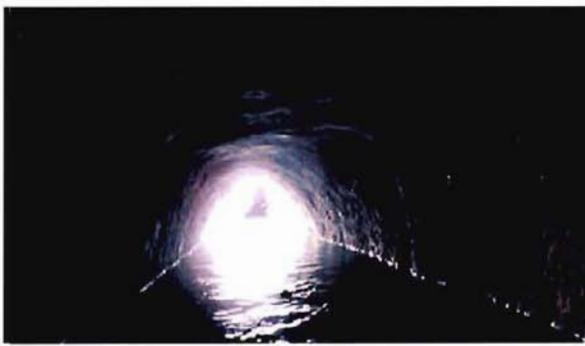
Fotografía Q2 7



Fotografía Q2 8



Fotografía Q2 10



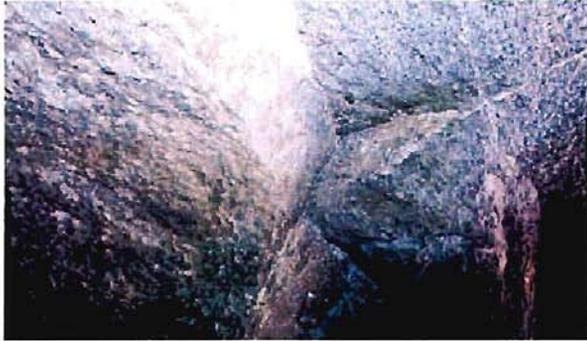
Fotografía Q2 11



Fotografía Q2 13



Fotografía Q2 14



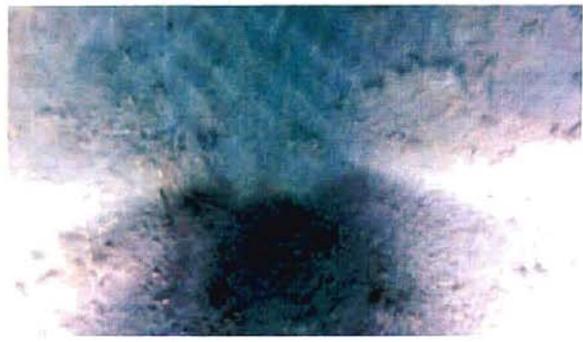
Fotografía Q2 15



Fotografía Q2 16



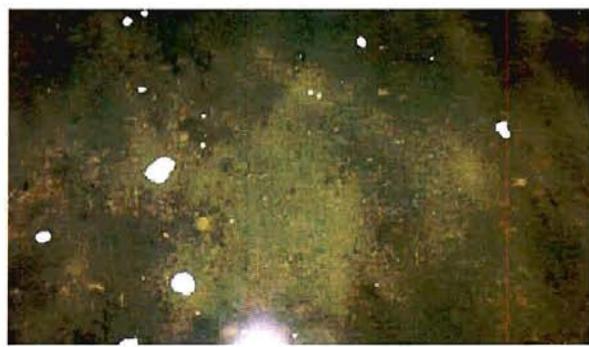
Fotografía Q2 18



Fotografía Q2 20



Fotografía Q2 21



Fotografía Q2 22



Fotografía Q2 23



Fotografía Q2 24

TABLA PUNTOS GPS TÚNEL QUILACÁN 3

Nombre	Zona	UTM E	UTM N	Elevación
Q3 1	19 J	295770	6682121	230 m
Q3 4	19 J	295770	6682121	230 m
Q3 5	19 J	295770	6682121	230 m
Q3 6	19 J	295765	6682122	230 m
Q3 7	19 J	295765	6682122	230 m
Q3 8	19 J	295752	6682125	230 m
Q3 10	19 J	295831	6682108	211 m
Q3 11	19 J	295830	6682108	211 m
Q3 12	19 J	295831	6682108	211 m
Q3 13	19 J	295830	6682108	211 m
Q3 14	19 J	295830	6682108	211 m
Q3 15	19 J	295825	6682109	211 m
Q3 16	19 J	295825	6682109	211 m
Q3 17	19 J	295824	6682110	211 m
Q3 18	19 J	295824	6682110	211 m
Q3 19	19 J	295824	6682110	211 m
Q3 20	19 J	295794	6682116	211 m
Q3 21	19 J	295794	6682115	211 m
Q3 22	19 J	295794	6682115	211 m
Q3 24	19 J	295826	6682108	211 m
Q3 25	19 J	295826	6682108	211 m
Q3 26	19 J	295826	6682108	211 m
Q3 27	19 J	295826	6682108	211 m
Q3 30	19 J	295736	6682128	209 m
Q3 31	19 J	295736	6682128	211 m
Q3 32	19 J	295735	6682128	211 m
Q3 34	19 J	295743	6682127	210 m
Q3 35	19 J	295743	6682126	210 m
Q3 36	19 J	295743	6682126	210 m
Q3 37	19 J	295743	6682126	210 m
Q3 40	19 J	295757	6682123	210 m
Q3 41	19 J	295757	6682123	210 m
Q3 41 1	19 J	295736	6682128	214 m
Q3 42	19 J	295761	6682123	210 m
Q3 43	19 J	295769	6682121	210 m
Q3 44	19 J	295768	6682121	210 m
Q3 46	19 J	295774	6682120	210 m
Q3 47	19 J	295774	6682119	210 m
Q3 48	19 J	295774	6682119	210 m
Q3 49	19 J	295774	6682120	210 m
Q3 51	19 J	295763	6682122	210 m
Q3 52	19 J	295763	6682122	210 m
Q3 53	19 J	295763	6682122	210 m
Q3 54	19 J	295748	6682125	210 m

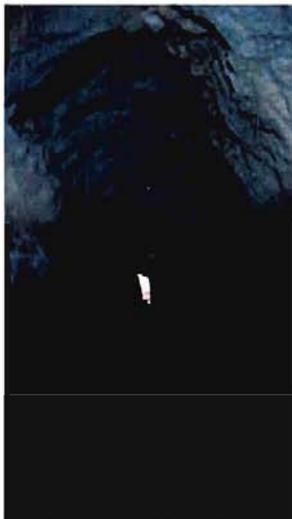
FOTOGRAFÍAS ASOCIADAS A LOS PUNTOS GPS DEL TÚNEL QUILACÁN 3



Fotografía Q3 1



Fotografía Q3 4



Fotografía Q3 5



Fotografía Q3 6



Fotografía Q3 7



Fotografía Q3 8



Fotografía Q3 10



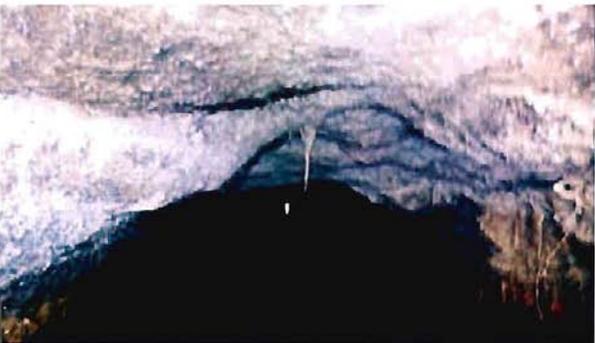
Fotografía Q3 11



Fotografía Q3 12



Fotografía Q3 13



Fotografía Q3 14



Fotografía Q3 15



Fotografía Q3 16



Fotografía Q3 17



Fotografía Q3 18



Fotografía Q3 19



Fotografía Q3 20



Fotografía Q3 21



Fotografía Q3 22



Fotografía Q3 24



Fotografía Q3 25



Fotografía Q3 26



Fotografía Q3 27



Fotografía Q3 30



Fotografía Q3 31



Fotografía Q3 32



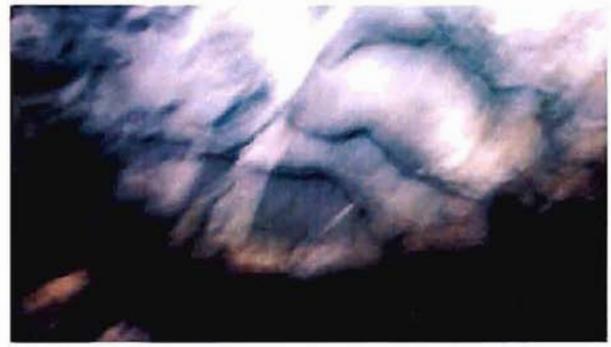
Fotografía Q3 34



Fotografía Q3 35



Fotografía Q3 36



Fotografía Q3 37



Fotografía Q3 40



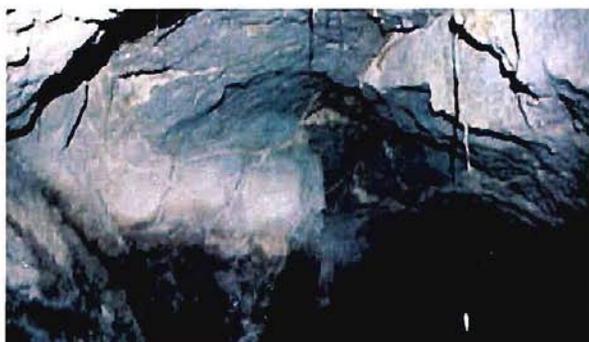
Fotografía Q3 41



Fotografía Q3 41 1



Fotografía Q3 42



Fotografía Q3 43



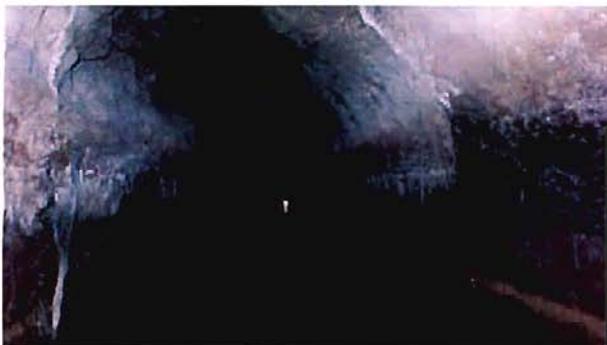
Fotografía Q3 44



Fotografía Q3 46



Fotografía Q3 47



Fotografía Q3 48



Fotografía Q3 49



Fotografía Q3 51



Fotografía Q3 52



Fotografía Q3 53



Fotografía Q3 54

TABLA PUNTOS GPS TÚNEL QUILACÁN 4

Nombre	Zona	UTM E	UTM N	Elevación
Q4 1 A	19 J	295722	6682131	
Q4 1 B	19 J	295722	6682131	
Q4 1 C	19 J	295722	6682131	
Q4 2	19 J	295641	6682148	
Q4 3	19 J	295640	6682148	
Q4 4	19 J	295631	6682150	
Q4 9	19 J	295722	6682131	230 m
Q4 11	19 J	295722	6682131	230 m
Q4 13	19 J	295716	6682132	220 m
Q4 14	19 J	295716	6682132	220 m
Q4 15	19 J	295715	6682132	220 m
Q4 16	19 J	295714	6682132	220 m
Q4 17	19 J	295713	6682131	220 m
Q4 18	19 J	295713	6682131	220 m
Q4 19	19 J	295712	6682130	220 m
Q4 32	19 J	295666	6682132	210 m
Q4 33	19 J	295668	6682130	210 m
Q4 34	19 J	295671	6682128	210 m
Q4 35	19 J	295674	6682127	210 m

FOTOGRAFÍAS ASOCIADAS A LOS PUNTOS GPS DEL TÚNEL QUILACÁN 4



Fotografía Q4 1 A



Fotografía Q4 1 B



Fotografía Q4 1 C



Fotografía Q4 2



Fotografía Q4 3



Fotografía Q4 4



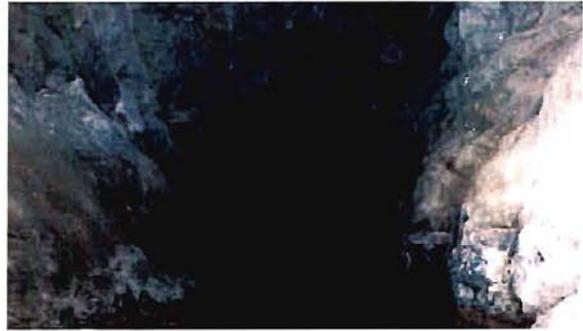
Fotografía Q4 9



Fotografía Q4 11



Fotografía Q4 13



Fotografía Q4 14



Fotografía Q4 15



Fotografía Q4 16



Fotografía Q4 17



Fotografía Q4 18



Fotografía Q4 19



Fotografía Q4 29



Fotografía Q4 30



Fotografía Q4 32



Fotografía Q4 33



Fotografía Q4 34



Fotografía Q4 35



Fotografía Q4 36

TABLA PUNTOS GPS TÚNEL QUILACÁN 5

Nombre	Zona	UTM E	UTM N	Elevación
Q5 2	19 J	295542	6682195	211 m
Q5 4	19 J	295552	6682190	215 m
Q5 5	19 J	295552	6682190	215 m
Q5 6	19 J	295555	6682189	215 m
Q5 9	19 J	295618	6682160	208 m
Q5 10	19 J	295617	6682160	208 m
Q5 11	19 J	295615	6682161	208 m
Q5 13	19 J	295604	6682166	207 m
Q5 14	19 J	295604	6682166	207 m
Q5 15	19 J	295595	6682171	207 m
Q5 16	19 J	295594	6682171	207 m
Q5 17	19 J	295586	6682175	207 m
Q5 18	19 J	295586	6682174	207 m
Q5 19	19 J	295586	6682174	207 m
Q5 21	19 J	295545	6682193	210 m
Q5 22	19 J	295545	6682193	210 m

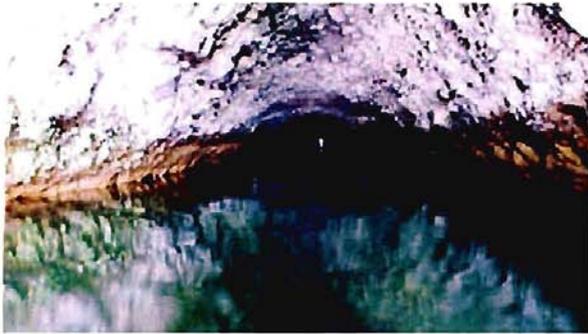
FOTOGRAFÍAS ASOCIADAS A LOS PUNTOS GPS DEL TÚNEL QUILACÁN 5



Fotografía Q5 2



Fotografía Q5 4



Fotografía Q5 5



Fotografía Q5 6



Fotografía Q5 9



Fotografía Q5 10



Fotografía Q5 11



Fotografía Q5 13



Fotografía Q5 14



Fotografía Q5 15



Fotografía Q5 16



Fotografía Q5 17



Fotografía Q5 18



Fotografía Q5 19



Fotografía Q5 21



Fotografía Q5 22

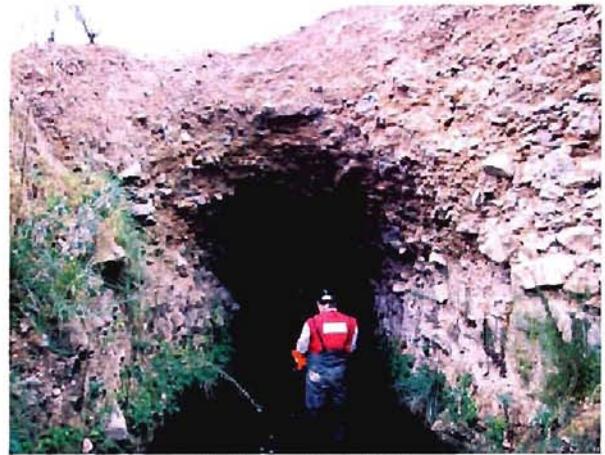
TABLA PUNTOS GPS TÚNEL EL MEMBRILLO

Nombre	Zona	UTM E	UTM N	Elevación
EM 1	19 J	295191	6681958	239 m
EM 3	19 J	295210	6681972	227 m
EM 5	19 J	295208	6681972	226 m
EM 9	19 J	295219	6681980	
EM 10	19 J	295218	6681979	
EM 11	19 J	295260	6682006	
EM 12	19 J	295260	6682006	
EM 13	19 J	295294	6682027	
EM 14	19 J	295305	6682035	
EM 15	19 J	295306	6682035	
EM 16	19 J	295316	6682042	
EM 17	19 J	295326	6682049	
EM 18	19 J	295327	6682048	
EM 19	19 J	295328	6682050	
EM 20	19 J	295340	6682058	
EM 21	19 J	295342	6682058	
EM 22	19 J	295343	6682059	
EM 23	19 J	295343	6682059	
EM 24	19 J	295357	6682068	
EM 25	19 J	295356	6682068	
Em 25 1	19 J	295370	6682077	
EM 26	19 J	295371	6682080	
EM 27	19 J	295373	6682079	
EM 28	19 J	295401	6682099	
EM 29	19 J	295401	6682099	
EM 30	19 J	295431	6682122	
EM 31	19 J	295431	6682121	
EM 32	19 J	295431	6682122	
EM 33	19 J	295432	6682122	
EM 34	19 J	295458	6682141	
EM 35	19 J	295459	6682142	
EM 36	19 J	295507	6682176	206 m
EM 37	19 J	295506	6682177	204 m
EM 38	19 J	295506	6682177	

FOTOGRAFÍAS ASOCIADAS A LOS PUNTOS GPS DEL TÚNEL EL MEMBRILLO



Fotografía EM 1



Fotografía EM 3



Fotografía EM 5



Fotografía EM 9



Fotografía EM 10



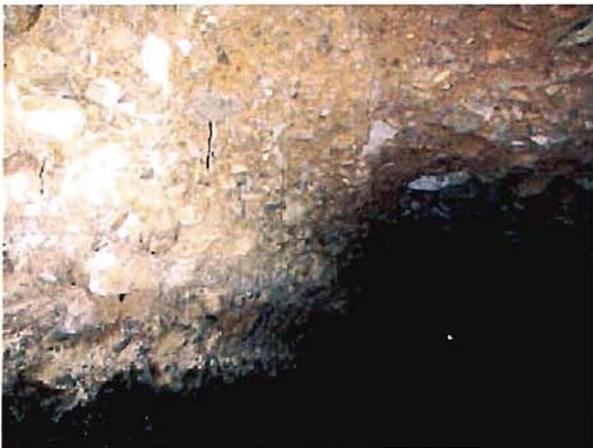
Fotografía EM 11



Fotografía EM 12



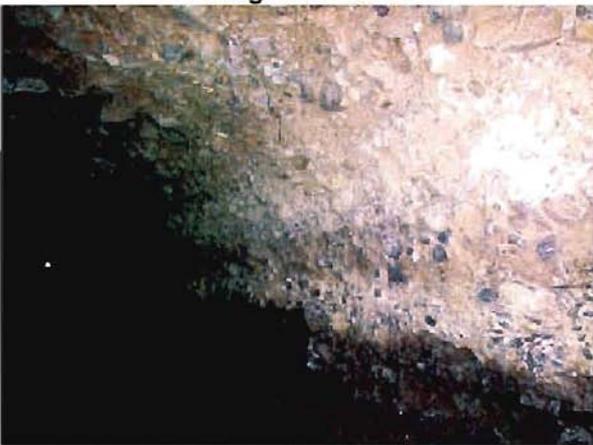
Fotografía EM 13



Fotografía EM 14



Fotografía EM 15



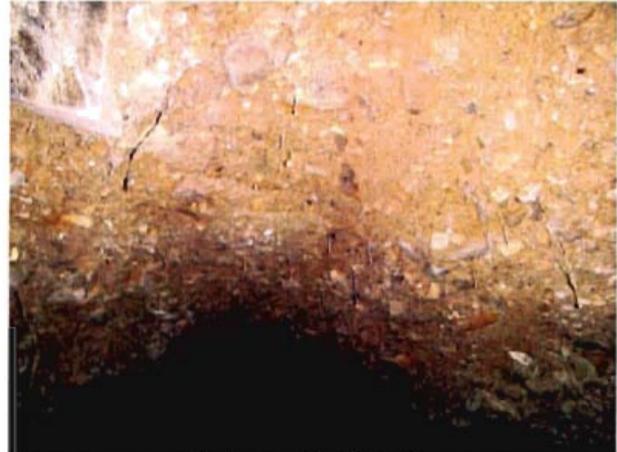
Fotografía EM 16



Fotografía EM 17



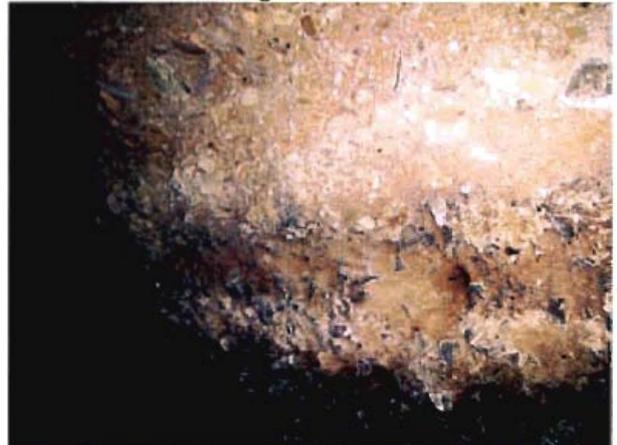
Fotografía EM 18



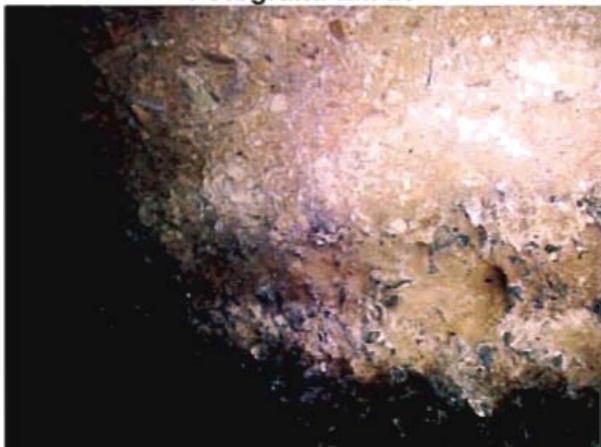
Fotografía EM 19



Fotografía EM 20



Fotografía EM 21



Fotografía EM 22



Fotografía EM 23



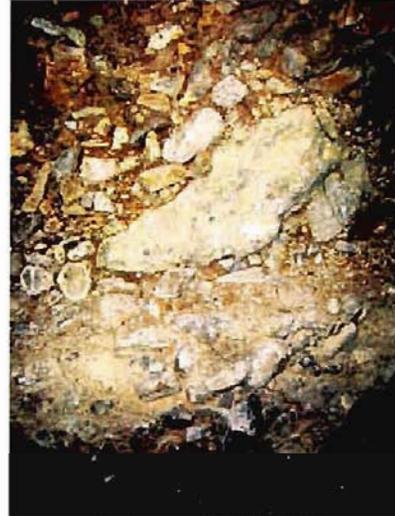
Fotografía EM 24



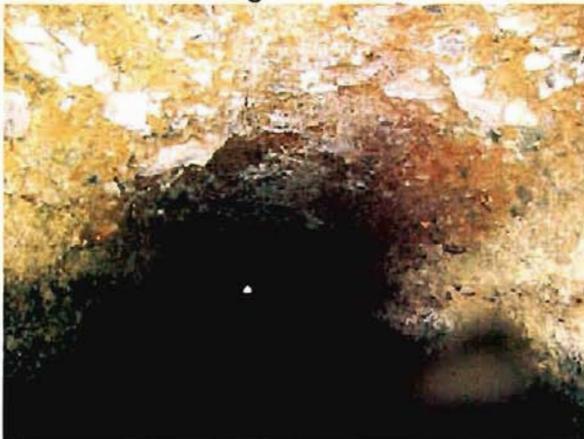
Fotografía EM 25



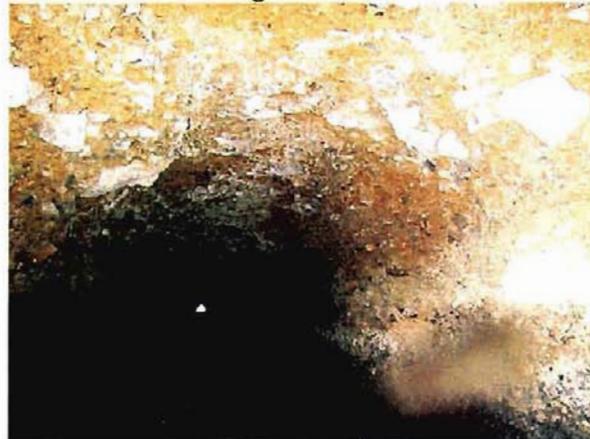
Fotografía EM 26



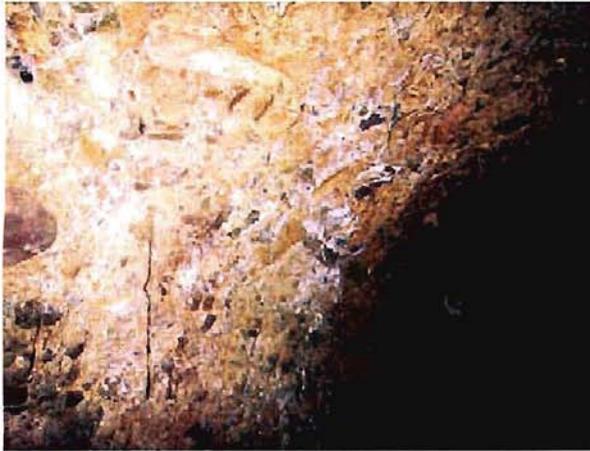
Fotografía EM 27



Fotografía EM 28



Fotografía EM 29



Fotografía EM 30



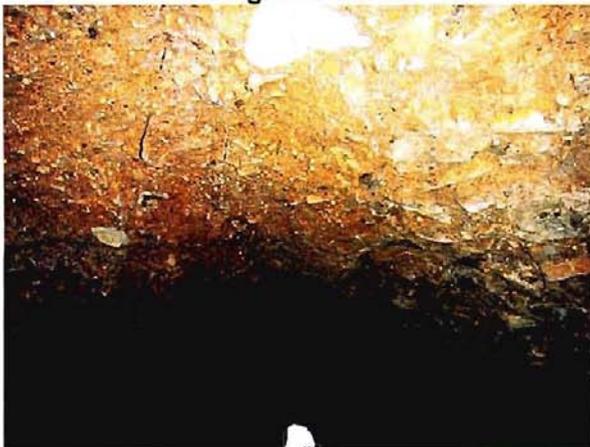
Fotografía EM 31



Fotografía EM 32



Fotografía EM 33



Fotografía EM 34



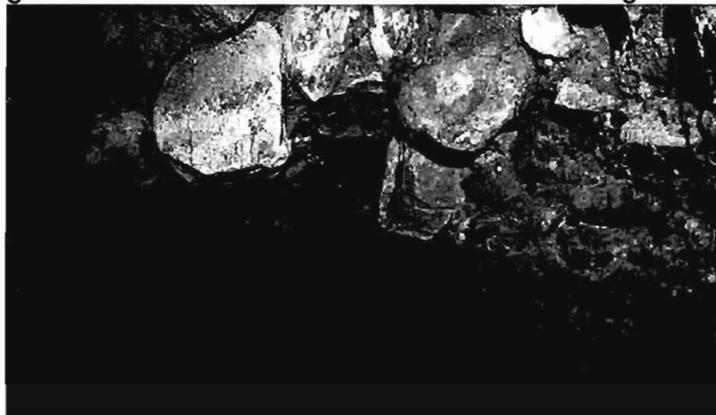
Fotografía EM 35



Fotografía EM 36



Fotografía EM 37



Fotografía EM 38

TABLA PUNTOS GPS TÚNEL LA CACHINA

Nombre	Zona	UTM E	UTM N	Elevación
LC 1	19 J	295140	6682003	
LC 2	19 J	295139	6682004	
LC 4	19 J	295128	6682012	
LC 5	19 J	295128	6682012	
LC 6	19 J	295128	6682013	
LC 8	19 J	295128	6682013	
LC 9	19 J	295112	6682030	
LC 12	19 J	295094	6682048	
LC 13	19 J	295095	6682049	
LC 15	19 J	295059	6682085	
LC 16	19 J	295060	6682085	
LC 17	19 J	295060	6682085	
LC 19	19 J	295058	6682088	
LC 22	19 J	295021	6682121	
LC 28	19 J	294839	6682323	
LC 30	19 J	294838	6682316	
LC 32	19 J	294838	6682316	
LC 34	19 J	294847	6682305	
LC 35	19 J	294847	6682305	
LC 36	19 J	294847	6682305	
LC 38	19 J	294854	6682299	
LC 39	19 J	294854	6682299	
LC 40	19 J	294861	6682294	
LC 42	19 J	294866	6682289	
LC 44	19 J	294867	6682288	
LC 46	19 J	294871	6682283	
LC 47	19 J	294872	6682282	
LC 48	19 J	294873	6682281	
LC 49	19 J	294906	6682246	
LC 52	19 J	294913	6682239	
LC 54	19 J	294922	6682229	
LC 56	19 J	294930	6682221	
LC 58	19 J	294948	6682200	
LC 59	19 J	294949	6682200	
LC 60	19 J	294948	6682200	
LC 65	19 J	294951	6682197	
LC 66	19 J	294951	6682197	
LC 67	19 J	294975	6682176	
LC 69	19 J	294980	6682172	
LC 70	19 J	294965	6682186	
LC 72	19 J	294963	6682188	
LC 73	19 J	294963	6682188	
LC 74	19 J	294939	6682212	

FOTOGRAFÍAS ASOCIADAS A LOS PUNTOS GPS DEL TÚNEL LA CACHINA



Fotografía LC 1



Fotografía LC 2



Fotografía LC 4



Fotografía LC 5



Fotografía LC 6



Fotografía LC 8



Fotografía LC 9



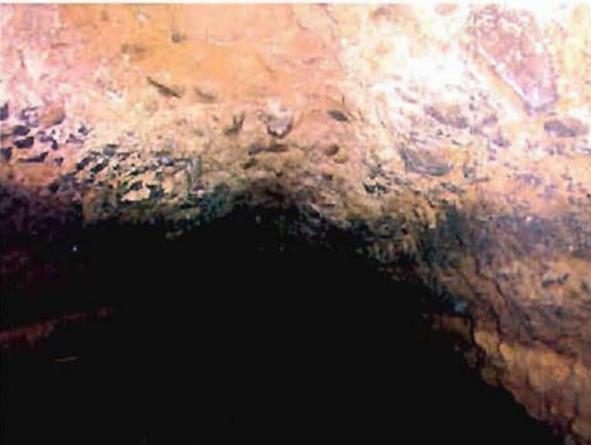
Fotografía LC 12



Fotografía LC 13



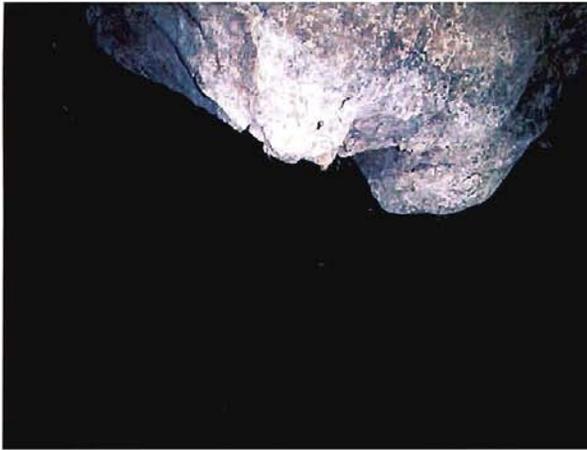
Fotografía LC 15



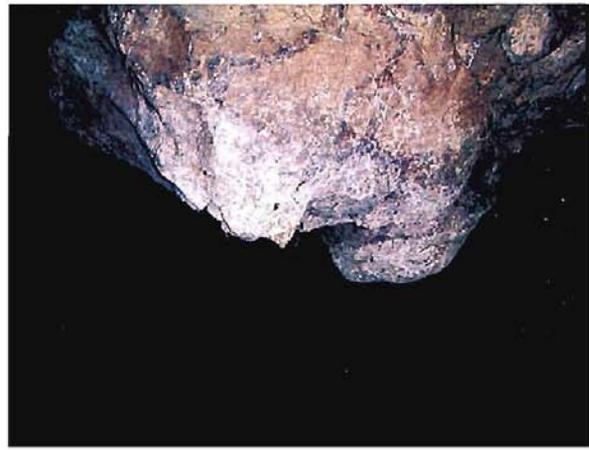
Fotografía LC 16



Fotografía LC 17



Fotografía LC 18



Fotografía LC 19



Fotografía LC 22



Fotografía LC 28



Fotografía LC 30



Fotografía LC 32



Fotografía LC 34



Fotografía LC 35



Fotografía LC 36



Fotografía LC 38



Fotografía LC 39



Fotografía LC 40



Fotografía LC 42



Fotografía LC 44



Fotografía LC 46



Fotografía LC 47



Fotografía LC 48



Fotografía LC 49



Fotografía LC 52



Fotografía LC 54



Fotografía LC 56



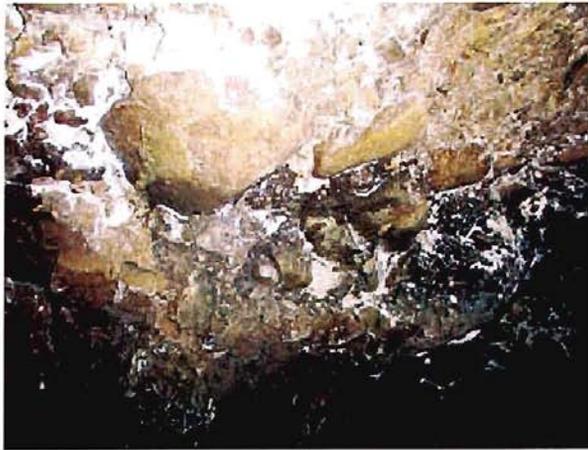
Fotografía LC 58



Fotografía LC 59



Fotografía LC 60



Fotografía LC 65



Fotografía LC 66



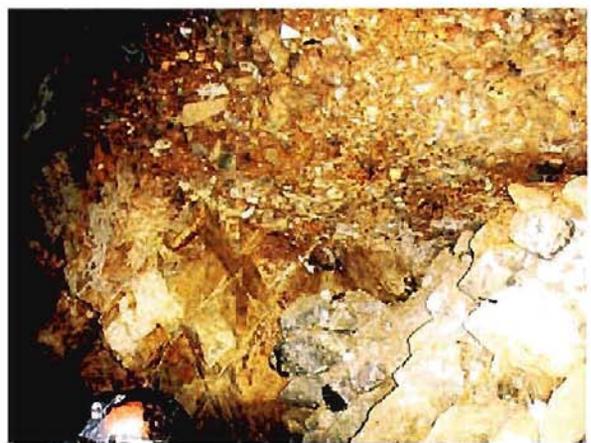
Fotografía LC 67



Fotografía LC 69



Fotografía LC 70



Fotografía LC 72



Fotografía LC 73



Fotografía LC 74

ANEXO A: ENSAYOS CANAL BELLAVISTA

**CALICATAS CANAL BELLAVISTA
(INFORME PRELIMINAR)**

ENSAYOS DE DENSIDAD

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-03	PROF. DEL ENSAYO	2.00-2.15 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 304336 Norte 6678725		
FECHA	11/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (kg)	8		Material extraído (kg)	5,467	
Arena cono inferior (kg)	1,550		Arena utilizada (kg)	4.672	
Arena sobrante (kg)	1.778		Densidad de la arena utilizada (kg)	1,540	
Densidad húmeda	1,802 Kg/cm ³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-06	PROF. DEL ENSAYO	2.40-2.55 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 300678 Norte 6680816		
FECHA	17/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (kg)	8		Material extraído (kg)	7.120	
Arena cono inferior (kg)	1,550		Arena utilizada (kg)	5.280	
Arena sobrante (kg)	1,170		Densidad de la arena utilizada (kg)	1,540	
Densidad húmeda	2,077 Kg/cm ³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	N° DE CALICATA	CB-07	PROF. DEL ENSAYO	3.30-3.45 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 300493 Norte 6681003		
FECHA	17/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (kg)	8		Material extraído (kg)	7,440	
Arena cono inferior (kg)	1,550		Arena utilizada (kg)	5,406	
Arena sobrante (kg)	1,044		Densidad de la arena utilizada (kg)	1,540	
Densidad húmeda	2,119 Kg/cm³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	N° DE CALICATA	CB-10	PROF. DEL ENSAYO	1.80-1.95 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 0296824 Norte 6680961		
FECHA	18/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (kg)	8		Material extraído (kg)	5,812	
Arena cono inferior (kg)	1,550		Arena utilizada (kg)	4,401	
Arena sobrante (kg)	2,049		Densidad de la arena utilizada (kg)	1,540	
Densidad húmeda	2,033 Kg/cm³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-11	PROF. DEL ENSAYO	2.50-2.65 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 295955 Norte 6680830		
FECHA	19/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (kg)	8		Material extraído (kg)	4,780	
Arena cono inferior (kg)	1,550		Arena utilizada (kg)	4,384	
Arena sobrante (kg)	2,066		Densidad de la arena utilizada (kg)	1,540	
Densidad húmeda	1,679 Kg/cm³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	Nº DE CALICATA	CB-18	PROF. DEL ENSAYO	2.00-2.15 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 0292817 Norte 6685164		
FECHA	24/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (kg)	8		Material extraído (kg)	5,230	
Arena cono inferior (kg)	1,550		Arena utilizada (kg)	5,027	
Arena sobrante (kg)	1,423		Densidad de la arena utilizada (kg)	1,540	
Densidad húmeda	1,602 Kg/cm³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	N° DE CALICATA	CB-20	PROF. DEL ENSAYO	2.00-2.15 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 0290436 Norte 6684306		
FECHA	25/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (kg)	8		Material extraído (kg)	6,356	
Arena cono inferior (kg)	1,550		Arena utilizada (kg)	4,753	
Arena sobrante (kg)	1,697		Densidad de la arena utilizada (kg)	1,540	
Densidad húmeda	2,059 Kg/cm³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	N° DE CALICATA	CB-27	PROF. DEL ENSAYO	2.00-2.15 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 0285525 Norte 6681894		
FECHA	24/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (kg)	8		Material extraído (kg)	6,372	
Arena cono inferior (kg)	1,550		Arena utilizada (kg)	5,204	
Arena sobrante (kg)	1,246		Densidad de la arena utilizada (kg)	1,540	
Densidad húmeda	1,886 Kg/cm³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	N° DE CALICATA	CB-28	PROF. DEL ENSAYO	2.00-2.15 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 0285160 Norte 6679159		
FECHA	25/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (kg)	8		Material extraído (kg)	5,076	
Arena cono inferior (kg)	1,550		5,300	5,383	
Arena sobrante (kg)	1,150		Densidad de la arena utilizada (kg)	1,540	
Densidad húmeda	1,475Kg/cm³				

Registro de datos					
PROYECTO	CANAL BELLAVISTA	TIPO DE ENSAYO: DENSIDAD			
CLIENTE	ARCADIS	N° DE CALICATA	CB-29	PROF. DEL ENSAYO	2.00-2.15 m
SECTOR	LA SERENA	COORDENADAS	Este 311474 Norte 6485364		
FECHA	25/06/2014	REALIZADO POR	H.DÍAZ E.		
Arena total (kg)	8		Material extraído (kg)	6,180	
Arena cono inferior (kg)	1,550		Arena utilizada (kg)	4,960	
Arena sobrante (kg)	1,490		Densidad de la arena utilizada (kg)	1,540	
Densidad húmeda	1,919 Kg/cm³				

RESULTADOS DE LABORATORIO

	CLASIFICACIÓN DE SUELO	1 de 1
	Informe de Suelos N° 472	

Proyecto : Canal Bellavista
Empresa : DPI Ltda.
Profesional : Rafael Alarcón
Fecha de Ensayo : 04 / 07 / 2014

IDENTIFICACION

Muestra N°	CB - 1	CB - 2	CB - 3	CB - 4	CB - 5	CB - 6
Lugar de Muestreo	Canal Bellavista					
Profundidad Desde	0,00	0,10	1,00	0,30	0,30	0,60
Profundidad Hasta	1,50	0,80	2,00	1,50	2,00	2,50
Cota Muestreo						

GRANULOMETRIA (LNU 105 M.C. Vol. 6, 8.102.1-2003)

Tamiz Bolones > 8"	CB - 1	CB - 2	CB - 3	CB - 4	CB - 5	CB - 6
5"				100,00	100,00	
4"				96,00	91,00	
3"	100,00		100,00	85,00	86,00	
2 1/2"	93,00		95,00	79,00	76,00	
2"	86,00	100,00	91,00	76,00	71,00	
1 1/2"	75,00	93,00	79,00	72,00	67,00	100,00
1"	68,00	87,00	72,00	69,00	62,00	92,00
3/4"	51,00	73,00	57,00	58,00	57,00	83,00
3/8"	42,00	61,00	51,00	45,00	51,00	71,00
N° 4	34,00	49,00	43,00	28,00	44,00	66,00
N°10	25,00	33,00	30,00	19,00	28,00	49,00
N°40	17,00	16,00	22,00	11,00	20,00	32,00
N°200	8,00	7,00	11,00	6,00	12,00	19,00

Coefficiente Uniformidad						
Diametro Efectivo (mm)						
Fracción > a 0,08 mm (%)						

RELACION DE PESO Y VOLUMEN

	CB - 1	CB - 2	CB - 3	CB - 4	CB - 5	CB - 6
% W Natural (Nch 1315)	5,3	8,9	7,3	7,2	9,7	8,4
Peso Espec. (Nch 1332)	2,722	2,716	2,706	2,713	2,713	2,705
D.M.C.S (kg/m³)						
Humedad Optima (%)						
CBR al 95 % de DMC3 a 2"						
Grado de saturac. sr (%)						
Densidad Máxima (kg/m³)						
Densidad Mínima (kg/m³)						
Densidad Natural (kg/m³)						

CONSTANTES HIDRICAS

	CB - 1	CB - 2	CB - 3	CB - 4	CB - 5	CB - 6
Limite Liquido WL	19	20	19	23	26	19
Limite Plastico WP	0	0	0	20	21	0
Indice de Plasticidad IP	NP	NP	NP	3	5	NP
Indice Liquido IL						
Lim. de Contrac. Posible						
Indice de Compres. Posible						

CLASIFICACION

	CB - 1	CB - 2	CB - 3	CB - 4	CB - 5	CB - 6
Clasificación U.S.C.S.	GP - GM	GW - GM	GW - GM	GP - GM	GP - GC	GW - GM
Clasificación AASHTO	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - b
Indice de Grupo				0	0	

OBSERVACIONES


LABORATORIO ANDINO S.A.
 RUC: 76.765.230-5

	CLASIFICACIÓN DE SUELO	1 de 1
	Informe de Suelos Nº 473	

Proyecto : Canal Bellavista
Empresa : DPI Ltda.
Profesional : Rafael Alarcón
Fecha de Ensayo : 04/07/2014

IDENTIFICACION

Muestra Nº	CB - 7	CB - 8	CB - 9	CB - 10	CB - 11	CB - 12
Lugar de Muestreo	Canal Bellabista					
Profundidad Desde	0,60	0,80	2,00	1,50	1,10	0,30
Hasta	3,30	2,00	2,50	2,30	1,80	2,30
Cota Muestreo						

GRANULOMETRIA (LNU 105 M.C. Vol. 8, 8.102.1-2003)

Tamiz Bolones > 8"	CB - 7	CB - 8	CB - 9	CB - 10	CB - 11	CB - 12
5"						
4"						
3"						100,00
2 1/2"						95,00
2"			100,00	100,00		89,00
1 1/2"			94,00	93,00		84,00
1"	100,00		81,00	84,00		76,00
3/4"	93,00	100,00	77,00	79,00		68,00
3/8"	81,00	94,00	72,00	71,00		53,00
Nº 4	69,00	85,00	66,00	66,00	100,00	42,00
Nº 10	42,00	72,00	53,00	46,00	86,00	31,00
Nº 40	34,00	59,00	39,00	34,00	61,00	24,00
Nº 200	16,00	34,00	25,00	19,00	41,00	15,00

Coefficiente Uniformidad						
Diametro Efectivo (mm)						
Fracción > a 0,08 mm (%)						

RELACIÓN DE PESO Y VOLUMEN

	CB - 7	CB - 8	CB - 9	CB - 10	CB - 11	CB - 12
% W Natural (Nch 1515)	7,3	10,3	7,4	4,8	12,1	12,8
Peso Espec. (Nch 1532)	2,709	2,699	2,698	2,712	2,691	2,710
D.M.C.S (kg/m³)						
Humedad Optima (%)						
CBR al 95 % de DMCs a 2"						
Grado de Saturac. fr (%)						
Densidad Máxima (kg/m³)						
Densidad Mínima (kg/m³)						
Densidad Natural (kg/m³)						

CONSTANTES HIDRICAS

	CB - 7	CB - 8	CB - 9	CB - 10	CB - 11	CB - 12
Limite Líquido WL	18	27	24	18	22	23
Limite Plástico WP	0	21	21	0	19	19
Indice de Plasticidad IP	NP	6	3	NP	3	4
Indice Líquido IL						
Lim. de Contrac. Posible						
Indice de Compres. Posible						

CLASIFICACION

	CB - 7	CB - 8	CB - 9	CB - 10	CB - 11	CB - 12
Clasificación U.S.C.S.	SM	SC - SM	SM	SM	SM	GC - GM
Clasificación AASHTO	A - 1 - a	A - 2 - 4	A - 1 - b	A - 1 - b	A - 4	A - 1 - a
Indice de Grupo		0	0		0	0

OBSERVACIONES


LABORATORIO ANDINO S.A
 RUC: 70765.230-5

	CLASIFICACIÓN DE SUELO	1 de 1
	Informe de Suelos Nº 474	

Proyecto : Canal Bellavista
Empresa : DPI Ltda.
Profesional : Rafael Alarcón
Fecha de Ensayo : 05/07/2014

IDENTIFICACION

Muestra Nº	CB - 13	CB - 14	CB - 15 (1)	CB - 15 (2)	CB - 16	CB - 18
Lugar de Muestreo	Canal Bellavista					
Profundidad Desde	0,80	0,20	0,20	1,20	1,10	0,40
Hasta	2,10	1,70	1,20	2,50	2,00	2,00
Cota Muestreo						

GRANULOMETRIA (LNU 105 M.C. Vol. 8, 8.102.1-2003)

Tamiz Bolones > 7"					100,00	
5"					95,00	
4"	100,00	100,00			83,00	
3"	93,00	95,00	100,00		78,00	
2 1/2"	85,00	87,00	95,00		72,00	100,00
2"	79,00	79,00	89,00	100,00	67,00	94,00
1 1/2"	68,00	70,00	74,00	85,00	61,00	86,00
1"	59,00	61,00	67,00	65,00	57,00	81,00
3/4"	50,00	54,00	59,00	48,00	52,00	73,00
3/8"	41,00	48,00	51,00	27,00	46,00	64,00
Nº 4	28,00	42,00	42,00	19,00	42,00	53,00
Nº10	21,00	33,00	34,00	12,00	37,00	42,00
Nº40	15,00	21,00	19,00	9,00	26,00	31,00
Nº200	4,00	11,00	8,00	4,00	12,00	18,00

GRAVAS

ARENA

Coefficiente Uniformidad						
Diametro Efectivo (mm)						
Fración > a 0,08 mm (%)						

RELACIÓN DE PESO Y VOLUMEN

% W Natural (Nh 1515)	3,2	7,4	6,2	2,9	5,8	11,7
Peso Espec. (Nh 1532)	2,716	2,709	2,703	2,723	2,715	2,711
D.M.C.S (hg/m ³)						
Humedad Óptima (%)						
CBR al 95 % de DMCs a 2"						
Grado de Saturac. Sr (%)						
Densidad Máxima (hg/m ³)						
Densidad Mínima (hg/m ³)						
Densidad Natural (hg/m ³)						

CONSTANTES HIDRICAS

Limite Liquido WL	25	19	19	20	26	29
Limite Plastico WP	22	0	0	0	22	21
Indice de Plasticidad IP	3	NP	NP	NP	4	8
Indice Liquido IL						
Lim. de Contrac. Posible						
Indice de Compres. Posible						

CLASIFICACION

Clasificación U.S.C.S.	GP	GP - GM	GP - GM	GP	GP - GM	GC
Clasificación AASHTO	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 2 - 4
Indice de Grupo	0				0	0

OBSERVACIONES


LABORATORIO ANDINO S.A
 Fon: 78.765.230-5

	CLASIFICACIÓN DE SUELO	1 de 1
	Informe de Suelos N° 475	

Proyecto : Canal Bellavista
Empresa : DPI Ltda.
Profesional : Rafael Alarcón
Fecha de Ensayo : 05/07/2014

IDENTIFICACION

Muestra N°	CB - 19	CB - 20	CB - 21	CB - 22	CB - 23	CB - 24
Lugar de Muestreo	Canal Bellavista					
Profundidad Desde	0,60	1,20	0,40	0,30	0,10	0,70
Profundidad Hasta	2,30	2,00	1,00	1,80	0,90	1,80
Cota Muestreo						

GRANULOMETRIA (LNV 105 M.C. Vd. 8, 8.102.1-2005)

Tamiz Bolones > 8"	CB - 19	CB - 20	CB - 21	CB - 22	CB - 23	CB - 24
5"	100,00					100,00
4"	92,00					93,00
3"	92,00	100,00	100,00		100,00	93,00
2 1/2"	92,00	95,00	96,00		98,00	87,00
2"	88,00	85,00	83,00	100,00	86,00	80,00
1 1/2"	83,00	76,00	73,00	88,00	79,00	72,00
1"	77,00	65,00	64,00	76,00	67,00	65,00
3/4"	73,00	58,00	51,00	64,00	56,00	61,00
3/8"	68,00	49,00	46,00	47,00	51,00	53,00
N° 4	61,00	41,00	39,00	25,00	43,00	46,00
N° 10	43,00	28,00	28,00	21,00	34,00	30,00
N° 40	31,00	21,00	18,00	18,00	21,00	22,00
N° 200	21,00	13,00	11,00	8,00	14,00	14,00

Coefficiente Uniformidad						
Diametro Efectivo (mm)						
Fracción > a 0,08 mm (%)						

RELACION DE PESO Y VOLUMEN

% W Natural (Nch 1515)	9,3	7,6	6,7	2,9	6,3	7,9
Peso Espec. (Nch 1532)	2,708	2,715	2,722	2,716	2,718	2,721
D.M.C. (kg/m ³)						
Humedad Optima (%)						
CBR al 95 % de DMC _s a 2"						
Grado de Saturac. Sr (%)						
Densidad Máxima (kg/m ³)						
Densidad Mínima (kg/m ³)						
Densidad Natural (kg/m ³)						

CONSTANTES HIDRICAS

Limite Liquido WL	24	27	18	19	28	27
Limite Plastico WP	21	22	0	0	23	21
Indice de Plasticidad IP	3	5	NP	NP	5	6
Indice Liquido IL						
Lim. de Contrac. Posible						
Indice de Compres. Posible						

CLASIFICACION

Clasificación U.S.C.S.	SM	GC - GM	GP - GM	GP - GM	GM	GC - GM
Clasificación AASHTO	A - 1 - b	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - a
Indice de Grupo	0	0			0	0

OBSERVACIONES


LABORATORIO ANDINO S.A
 Fon: 78.765.230-5

	CLASIFICACIÓN DE SUELO	1 de 1
	Informe de Suelos N° 475	

Proyecto : Canal Bellavista
Empresa : DPI Ltda.
Profesional : Rafael Alarcón
Fecha de Ensayo : 07/07/2014

IDENTIFICACION

Muestra N°	CB - 25	CB - 26	CB - 27	CB - 28	CB - 29	CB - 30
Lugar de Muestreo	Canal Bellavista					
Profundidad Desde	0,00	0,30	1,20	0,20	0,60	0,80
Profundidad Hasta	1,30	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Cota Muestreo						

GRANULOMETRIA (LNV 105 M.C. Vol. 8, 8.102.1-2003)

Tamiz	CB - 25	CB - 26	CB - 27	CB - 28	CB - 29	CB - 30
Tamiz Bolones > 8"						
5"	100					
4"	98,00	100,00				
3"	92,00	94,00	100,00	100,00		
2 1/2"	85,00	87,00	97,00	96,00		
2"	81,00	80,00	91,00	88,00	100,00	100,00
1 1/2"	77,00	75,00	76,00	75,00	93,00	95,00
1"	69,00	68,00	67,00	64,00	86,00	83,00
3/4"	62,00	62,00	56,00	53,00	74,00	72,00
3/8"	55,00	57,00	48,00	46,00	63,00	62,00
N° 4	48,00	48,00	42,00	41,00	49,00	53,00
N°10	37,00	34,00	29,00	35,00	34,00	39,00
N°40	22,00	25,00	15,00	23,00	26,00	27,00
N°200	16,00	16,00	9,00	14,00	16,00	13,00

Coefficiente Uniformidad						
Diametro Efectivo (mm)						
Fracción > a 0,08 mm (%)						

RELACIÓN DE PESO Y VOLUMEN

	CB - 25	CB - 26	CB - 27	CB - 28	CB - 29	CB - 30
% W Natural (Nch 1515)	11,7	9,2	7,1	7,2	6,8	6,5
Peso Espec. (Nch 1532)	2,712	2,723	2,702	2,715	2,705	2,713
D.M.C.S (kg/m ³)						
Humedad Optima (%)						
CBR al 95 % de DMCS a 2"						
Grado de Saturac. Sr (%)						
Densidad Máxima (kg/m ³)						
Densidad Mínima (kg/m ³)						
Densidad Natural (kg/m ³)						

CONSTANTES HIDRICAS

	CB - 25	CB - 26	CB - 27	CB - 28	CB - 29	CB - 30
Limite Liquido WL	31	26	20	23	19	18
Limite Plastico WP	21	23	0	20	0	0
Indice de Plasticidad IP	10	3	NP	3	NP	NP
Indice Liquido IL						
Lim. de Contrac. Posible						
Indice de Compres. Posible						

CLASIFICACION

	CB - 25	CB - 26	CB - 27	CB - 28	CB - 29	CB - 30
Clasificación U.S.C.S.	GC	GM	GW - GM	GM	GM	GM
Clasificación AASHTO	A - 2 - 4	A - 1 - b	A - 1 - a	A - 1 - a	A - 1 - b	A - 1 - a
Indice de Grupo	0	0		0		

OBSERVACIONES


LABORATORIO ANDINO S.A.
 Fon: 78.765.230-5

	CLASIFICACIÓN DE SUELO	1 de 1
	Informe de Suelos N° 476	

Proyecto : Canal Bellavista
Empresa : DPI Ltda.
Profesional : Rafael Alarcón
Fecha de Ensayo : 07/07/2014

IDENTIFICACION

Muestra N°	CB - 31					
Lugar de Muestreo	Canal Bellavista					
Profundidad Desde	0,70					
Hasta	2,25					
Cota Muestreo						

GRANULOMETRIA (LNU 105 M.C. Vol. 8, 8.102.1-2003)

Tamiz Bolones > 8"						
5"						
4"						
3"						
GRAVAS						
2 1/2"	100,00					
2"	96,00					
1 1/2"	89,00					
1"	83,00					
3/4"	75,00					
3/8"	64,00					
ARENA						
N° 4	52,00					
N°10	42,00					
N°40	29,00					
N°200	11,00					
Coefficiente Uniformidad						
Diametro Efectivo (mm)						
Fracción > a 0,08 mm (%)						

RELACION DE PESO Y VOLUMEN

% W Natural (Nch 1515)	4,7					
Peso Espec. (Nch 1552)	2,714					
D.M.C. (kg/m³)						
Humedad Optima (%)						
CBR al 95 % de DMC a 2"						
Grado de Saturac. Sr (%)						
Densidad Máxima (kg/m³)						
Densidad Mínima (kg/m³)						
Densidad Natural (kg/m³)						

CONSTANTES HIDRICAS

Limite Liquido WL	19					
Limite Plastico WP	0					
Indice de Plasticidad IP	NP					
Indice Liquido IL						
Lim. de Contrac. Posible						
Indice de Compres. Posible						

CLASIFICACION

Clasificacion U.S.C.S.	GP - GM					
Clasificacion AASHTO	A - 1 - a					
Indice de Grupo						

OBSERVACIONES


LABORATORIO ANDINO S.A.
 ROL 76.765.230-5



ANEXO B: REGISTRO FOTOGRÁFICO CANAL BELLAVISTA

REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 01

Pared Norte







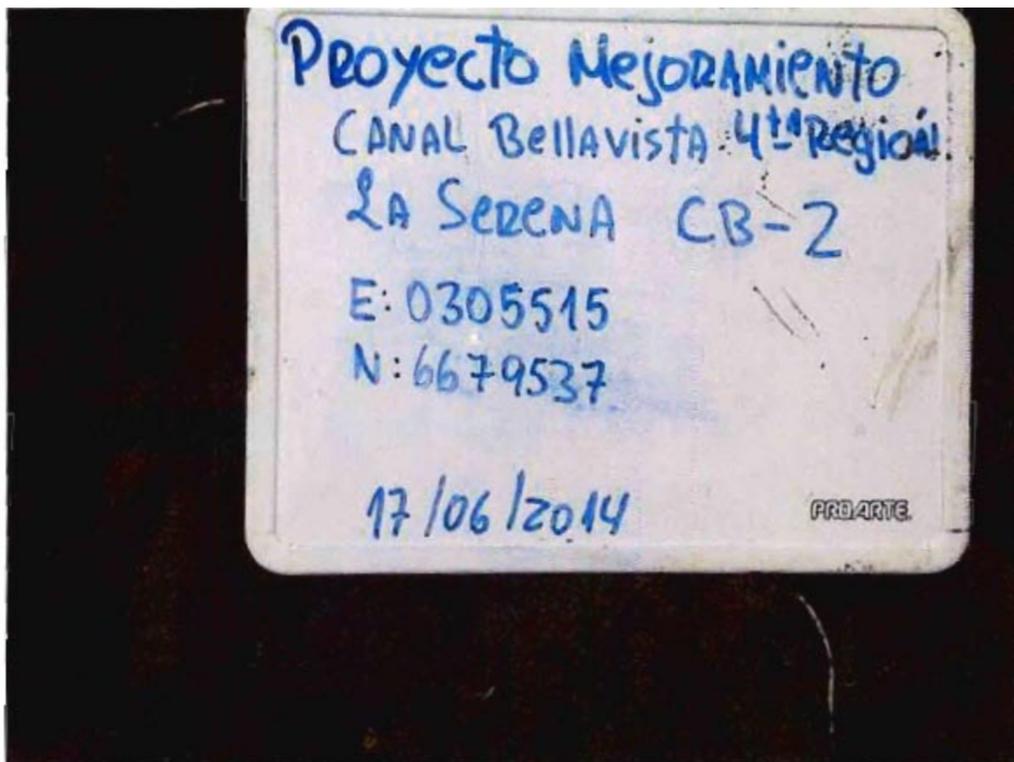
Proyecto Mejoramiento
CANAL Bellavista 4^a Región
LA SERENA CB-1

E: 306367
N: 6680330

17/06/2014

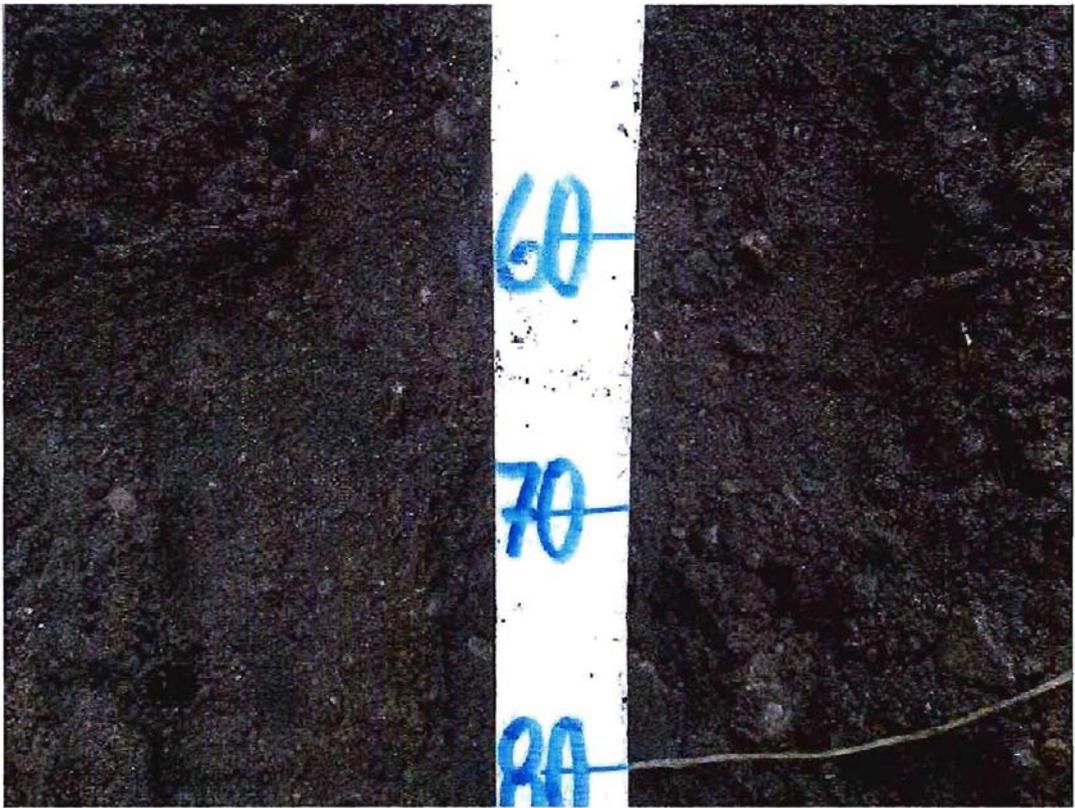
PRO-2014

REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 02



Pared Norte

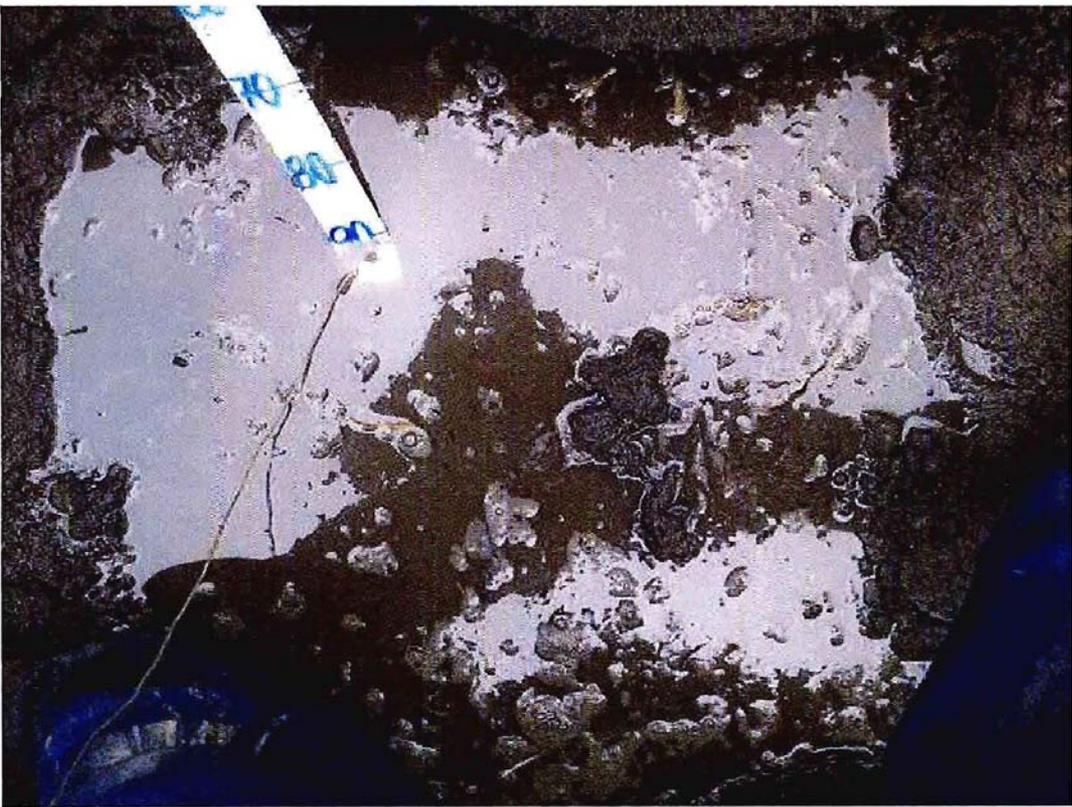






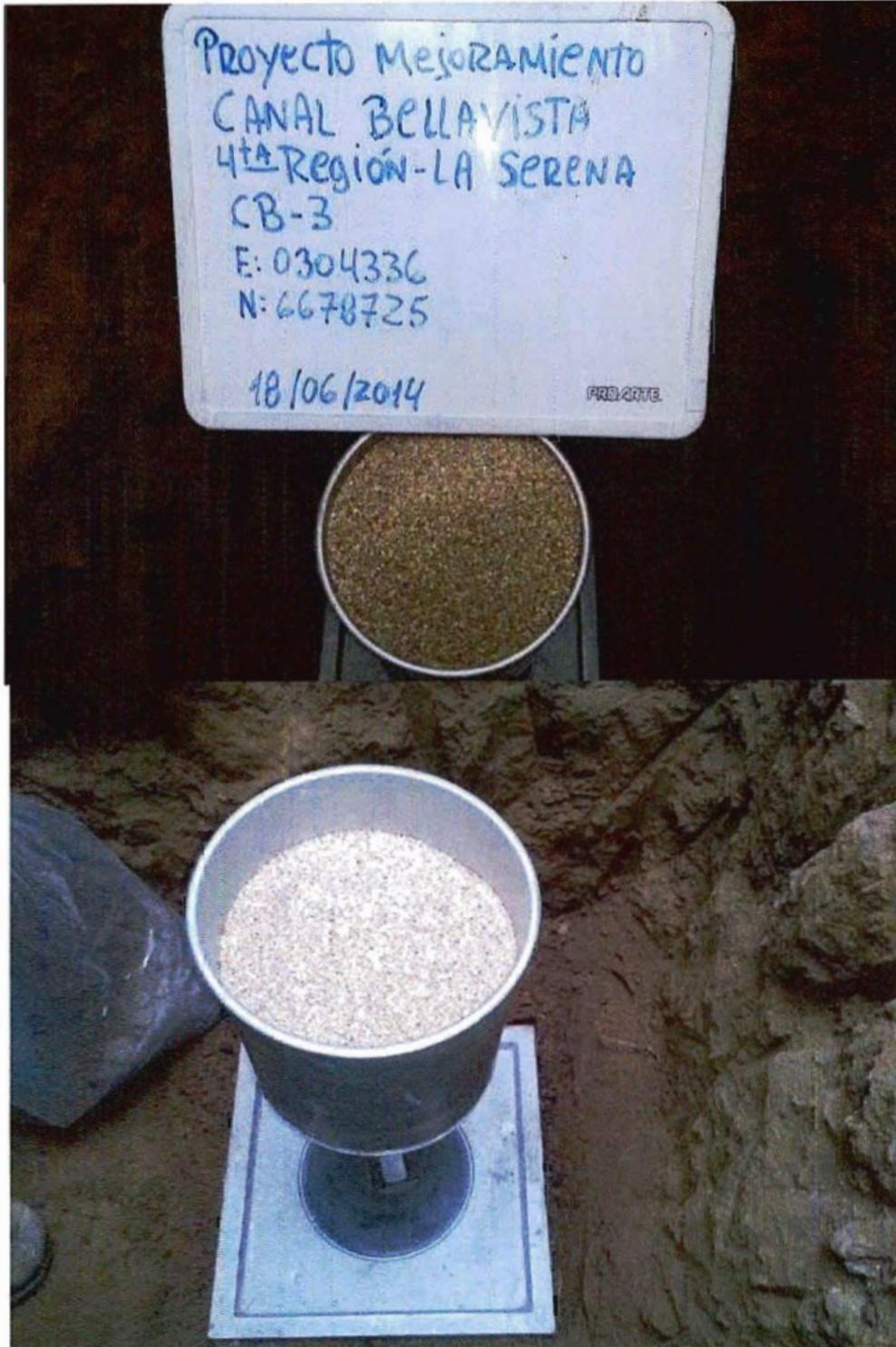
Pared Sur

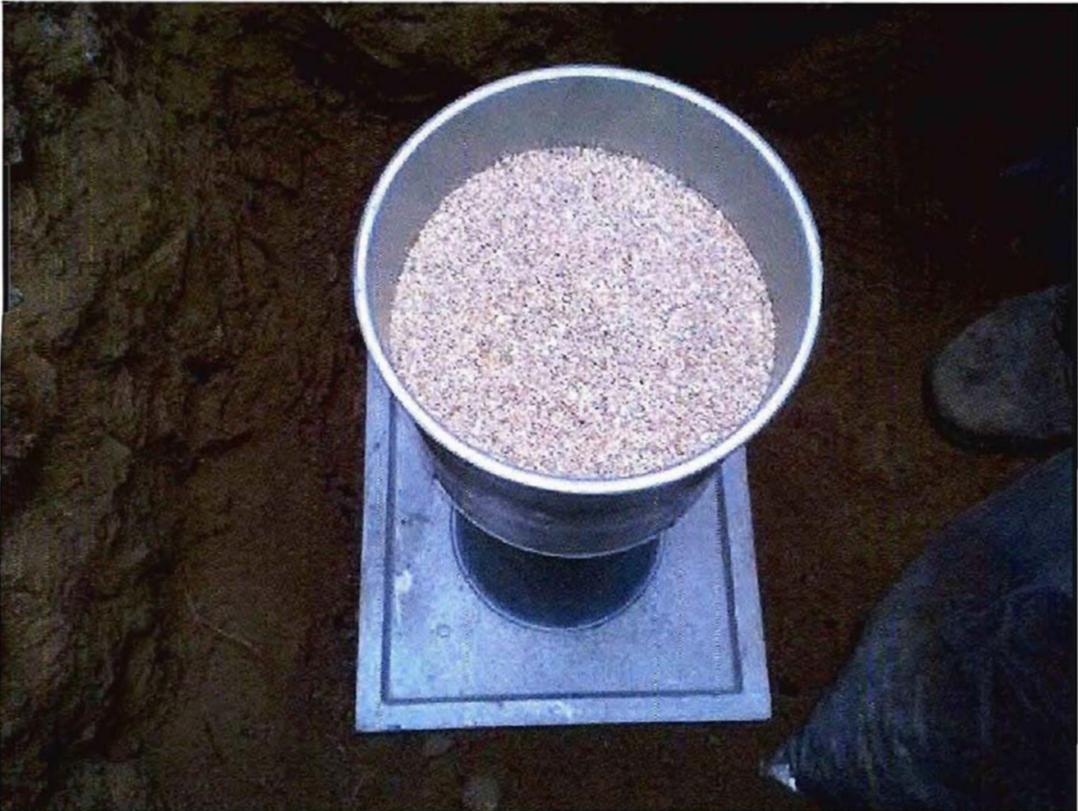




REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 03

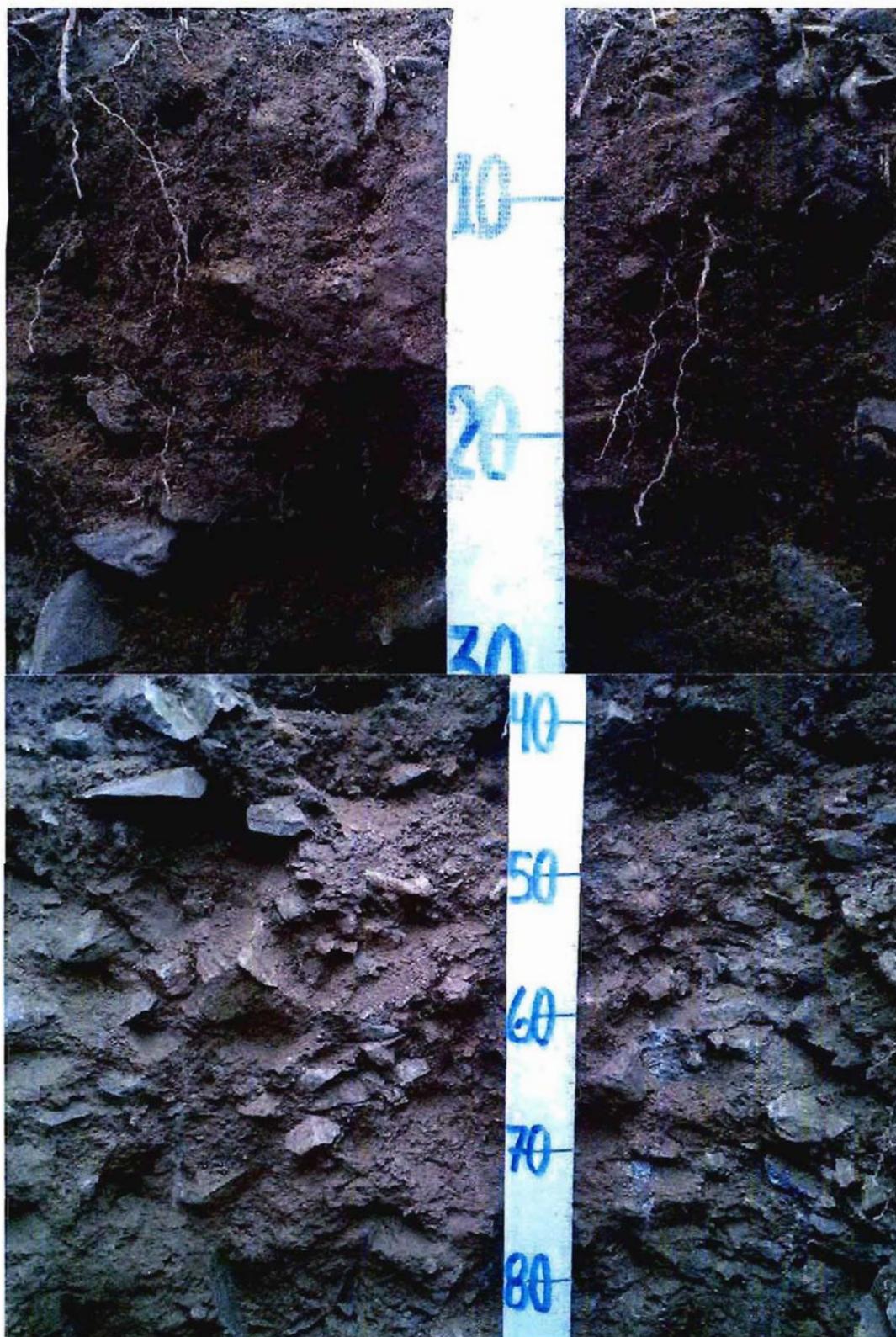
Ensayo de densidad

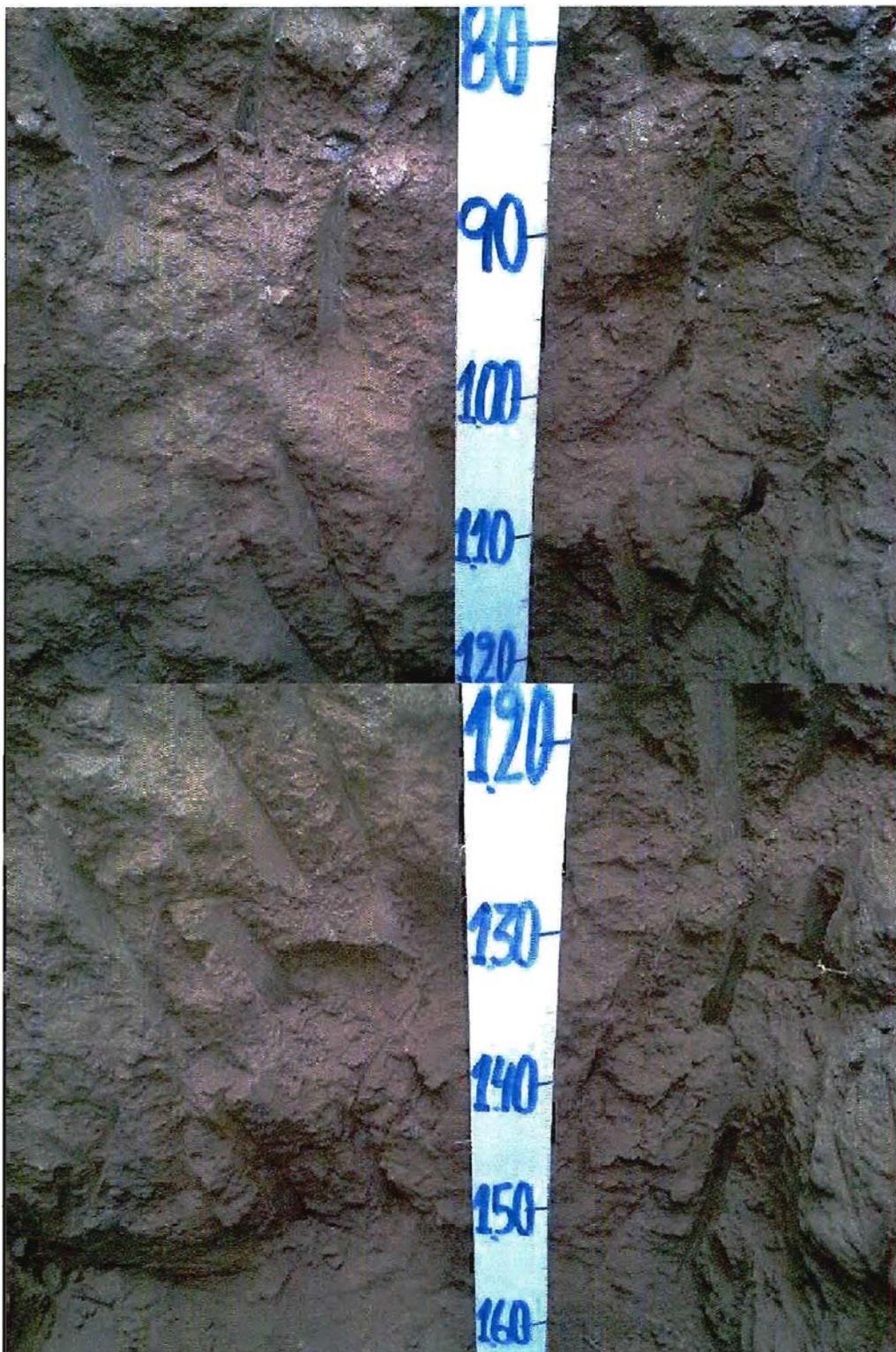






Pared Norte

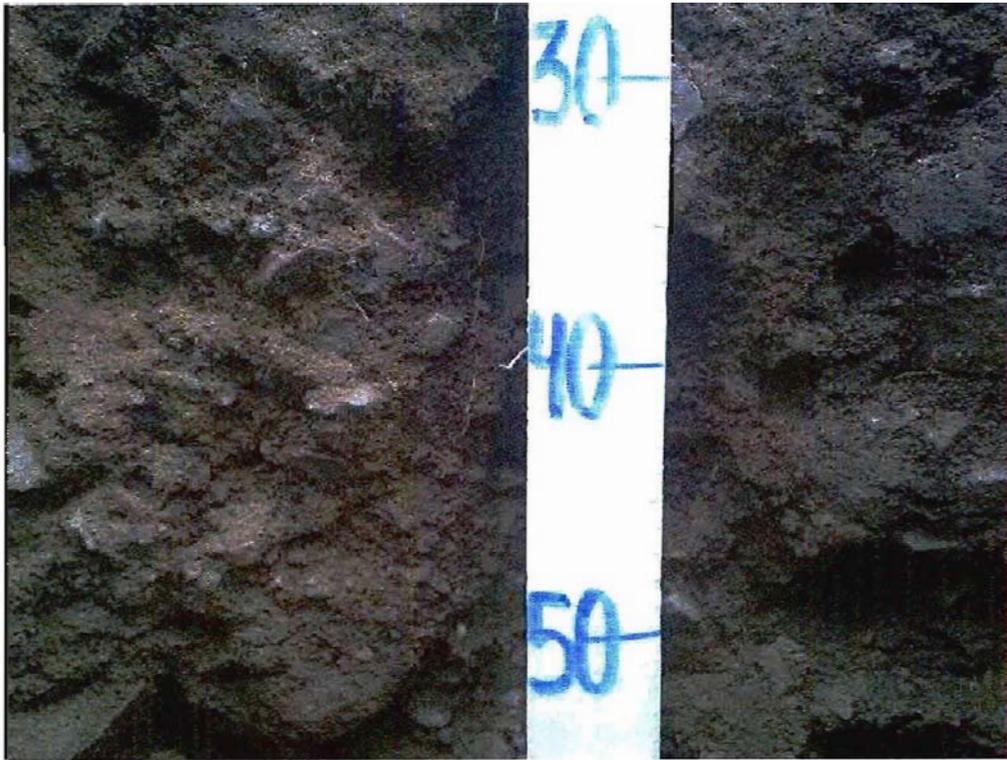




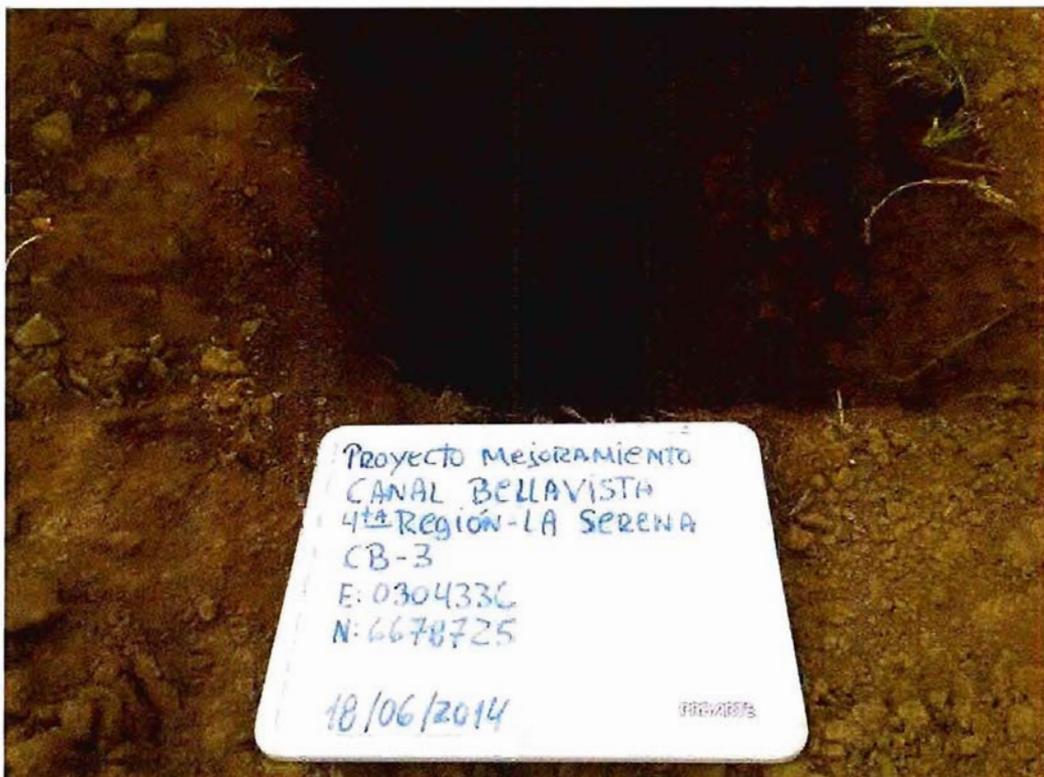


Pared Este







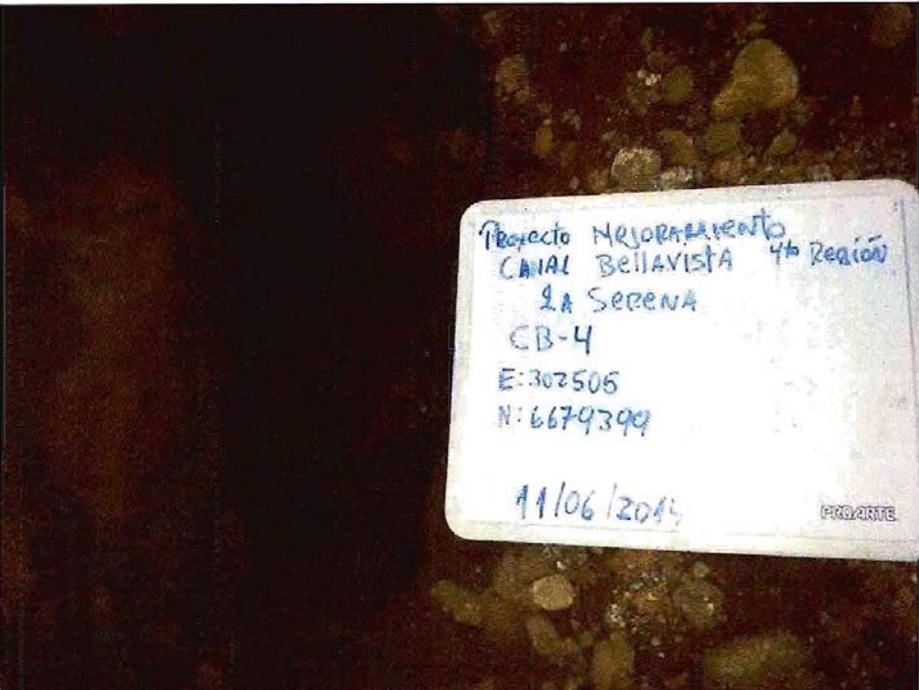


Proyecto Mejoramiento
CANAL BELLAVISTA
4ta Región-LA SERENA
CB-3
E: 0304336
N: 6678725

18/06/2014

TRAVEL

REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 04



Proyecto MEJORAMIENTO
CANAL BELLAVISTA 4^a Región
LA SERENA
CB-4
E: 302506
N: 6679399

11/06/2014

PROBATE

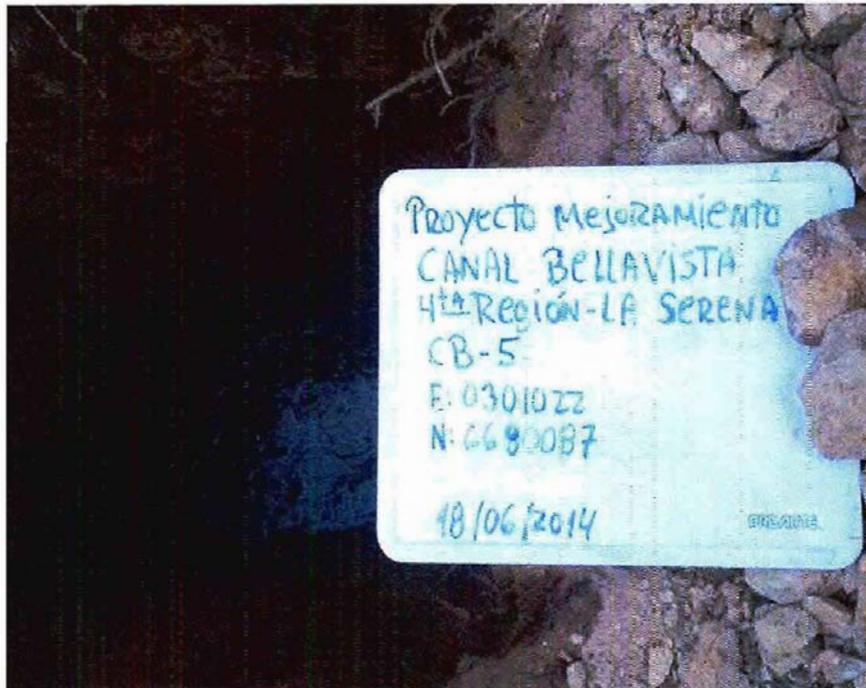


10
20
30
40
50





REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 05



Pared Norte

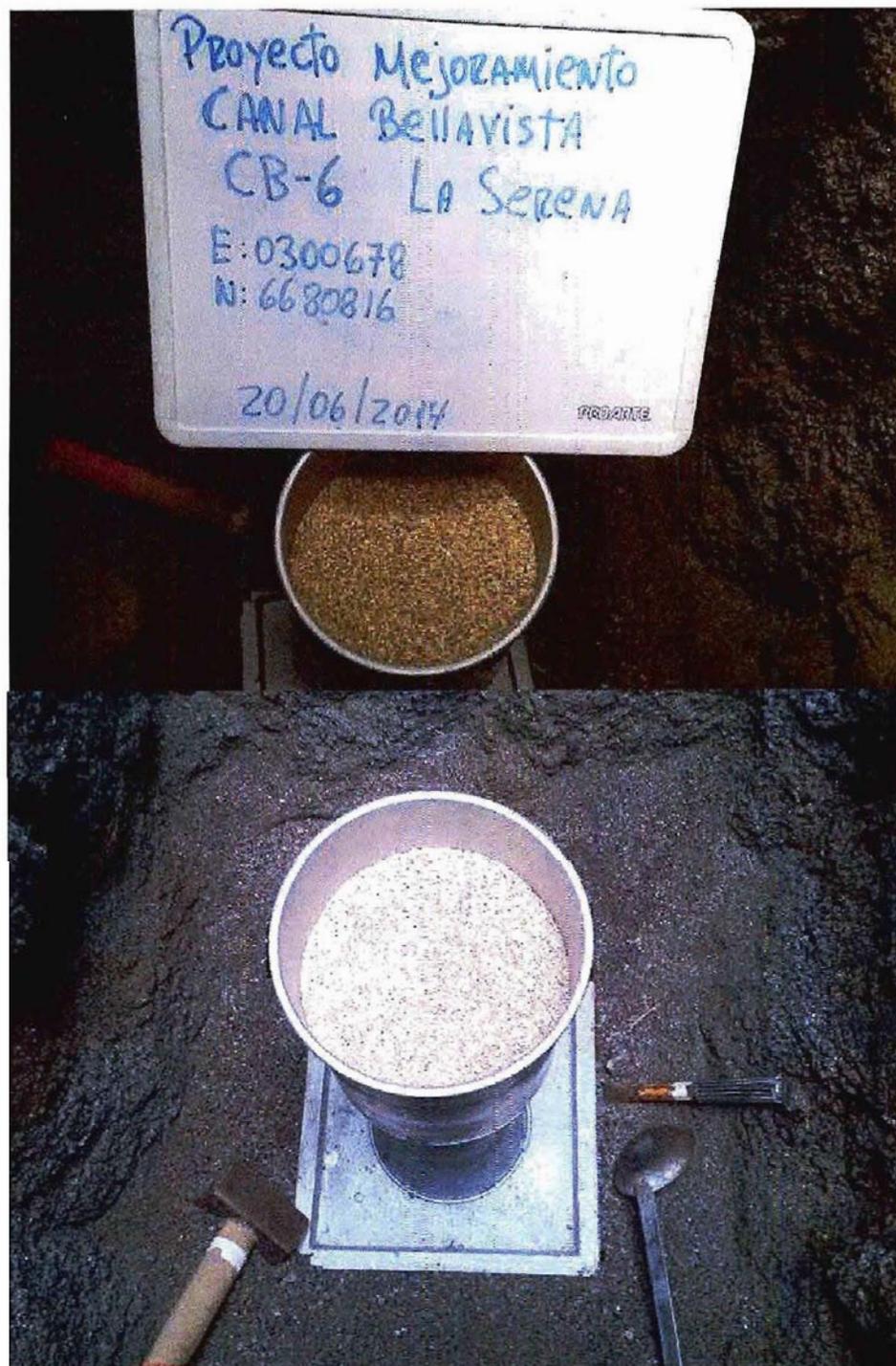






REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 06

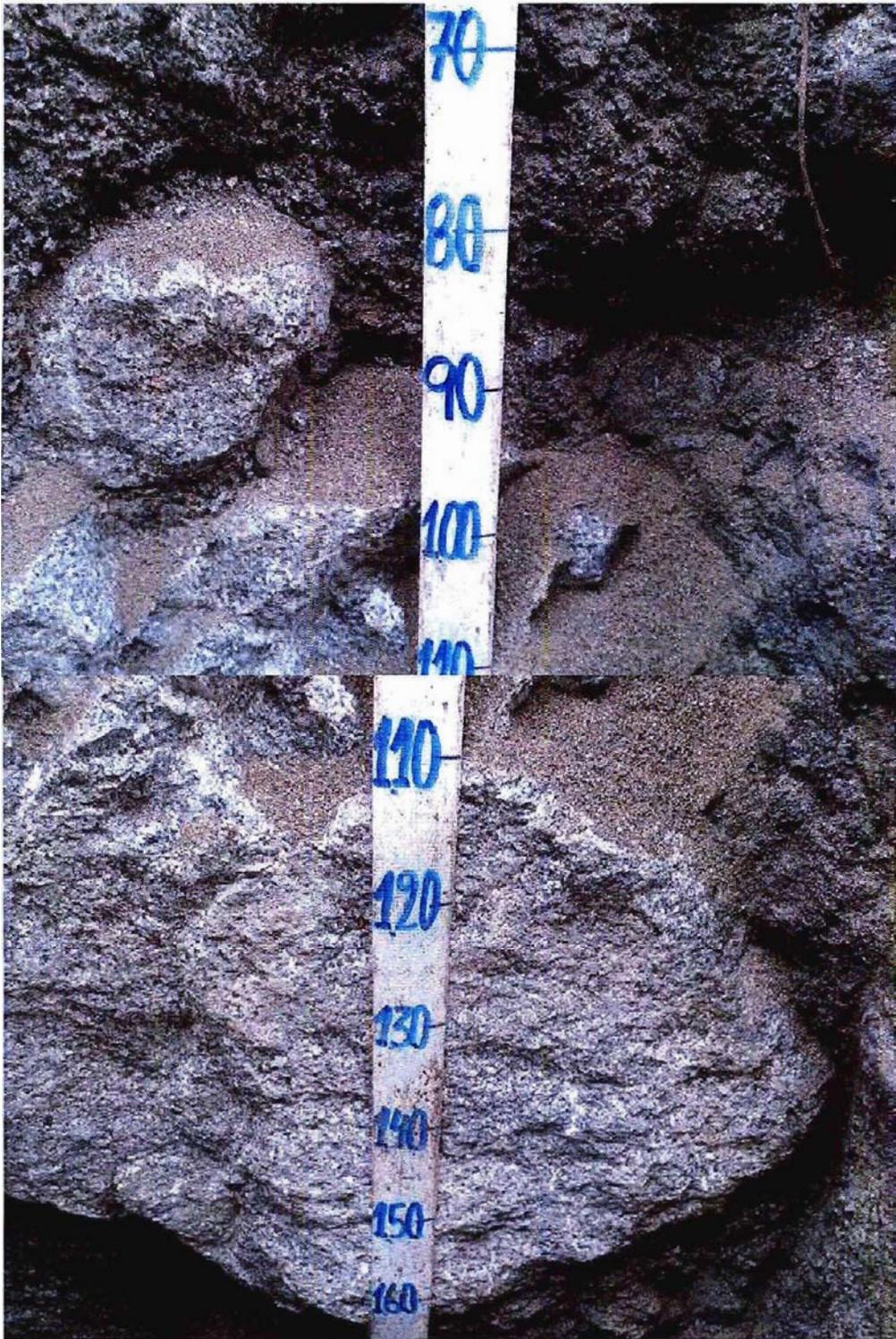
Ensayo de densidad

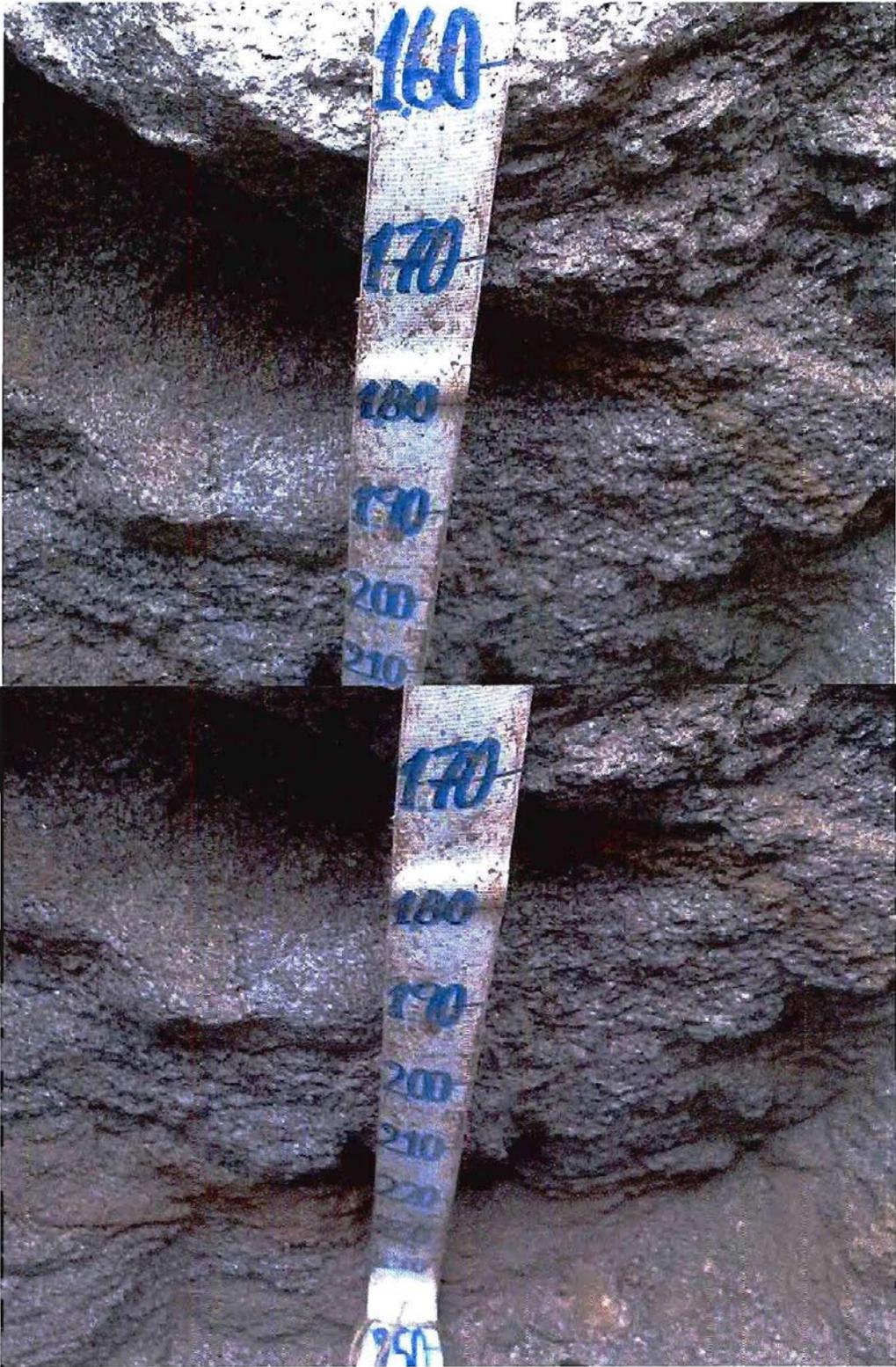




Pared Norte



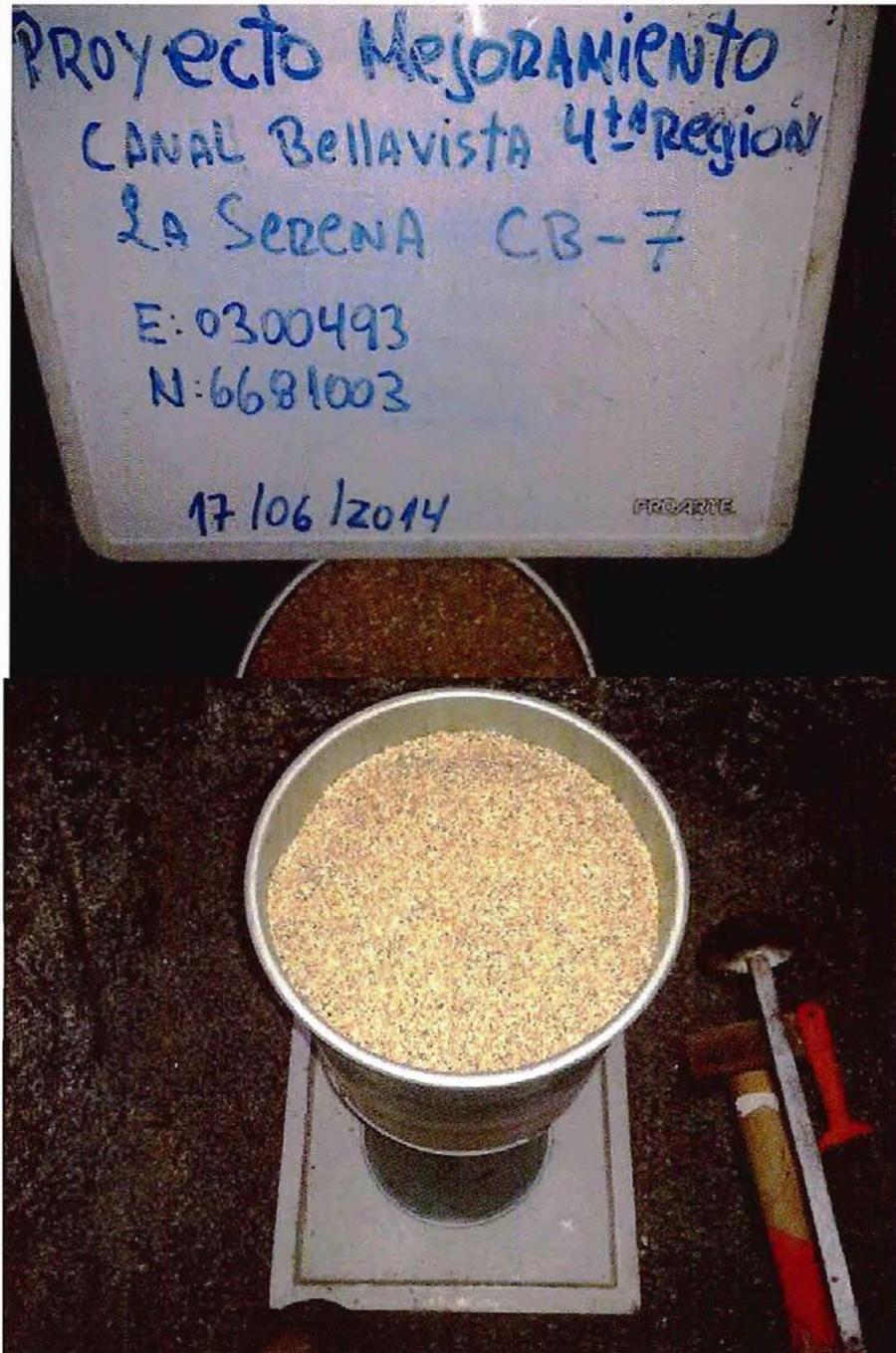


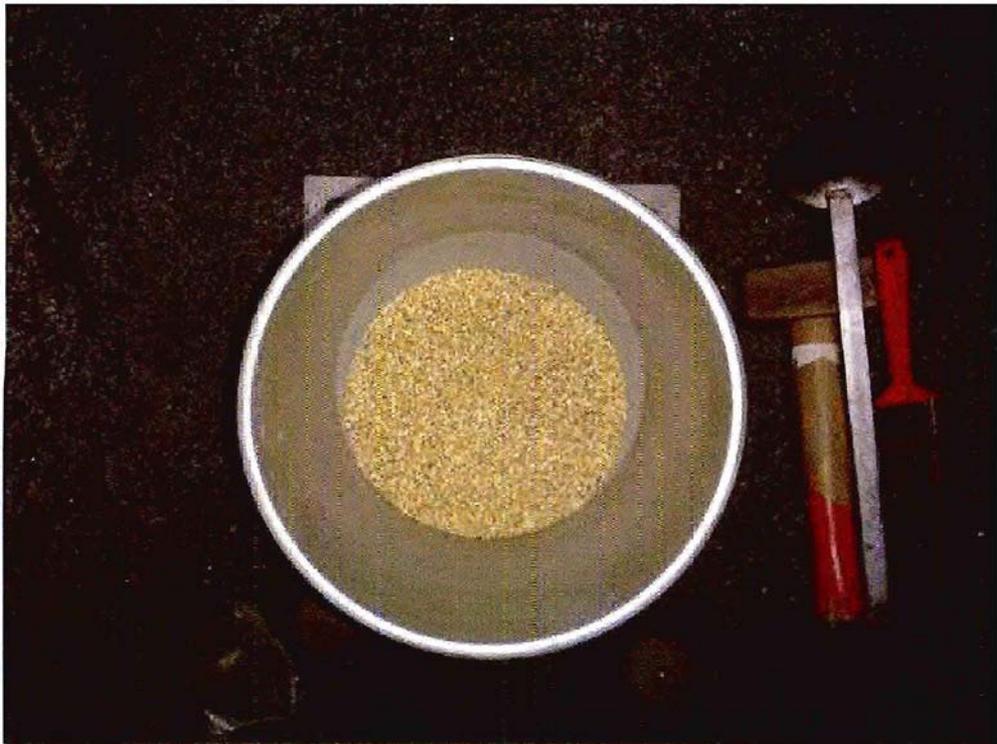




REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 07

Ensayo de densidad



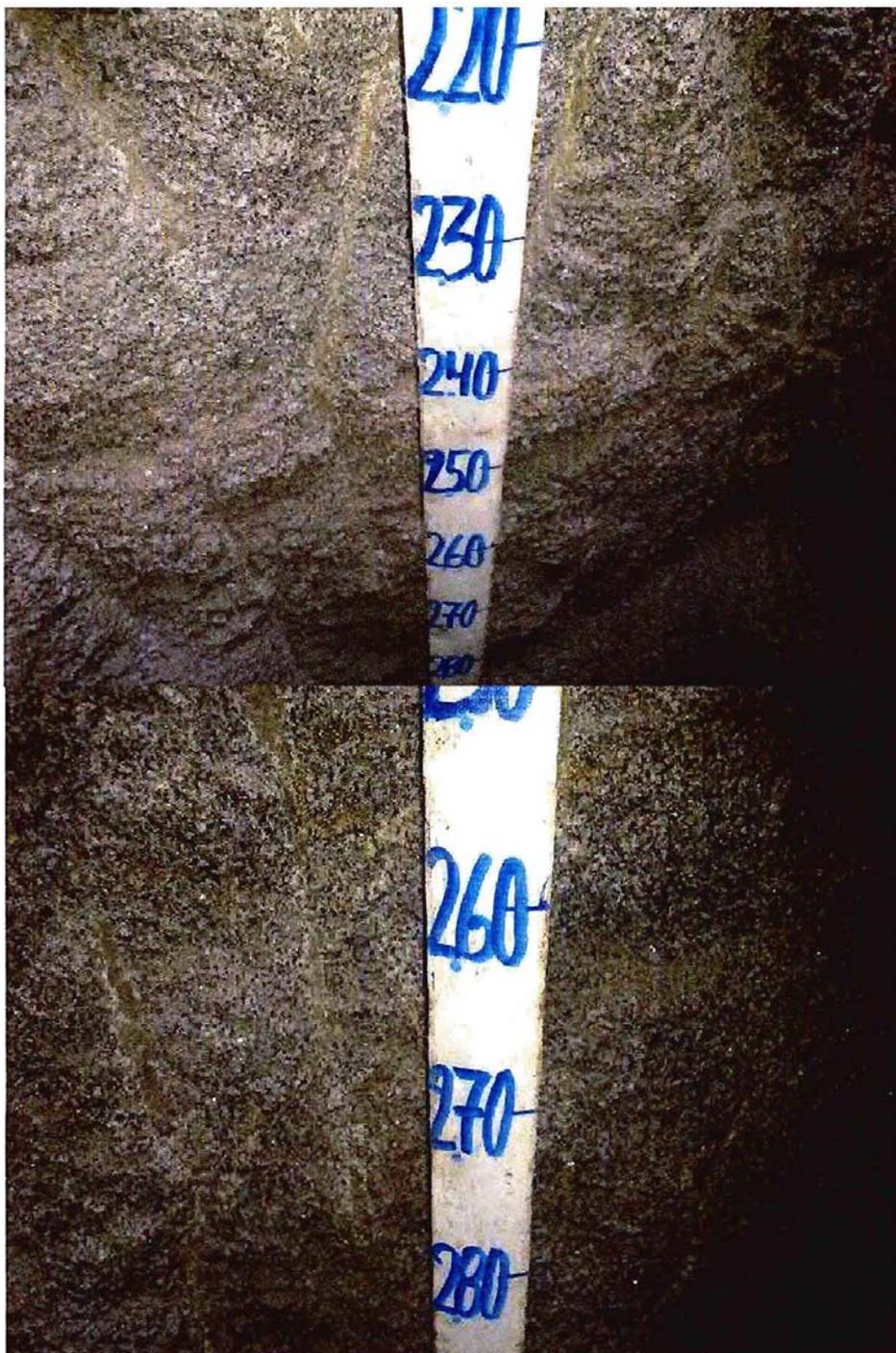


Pared Norte







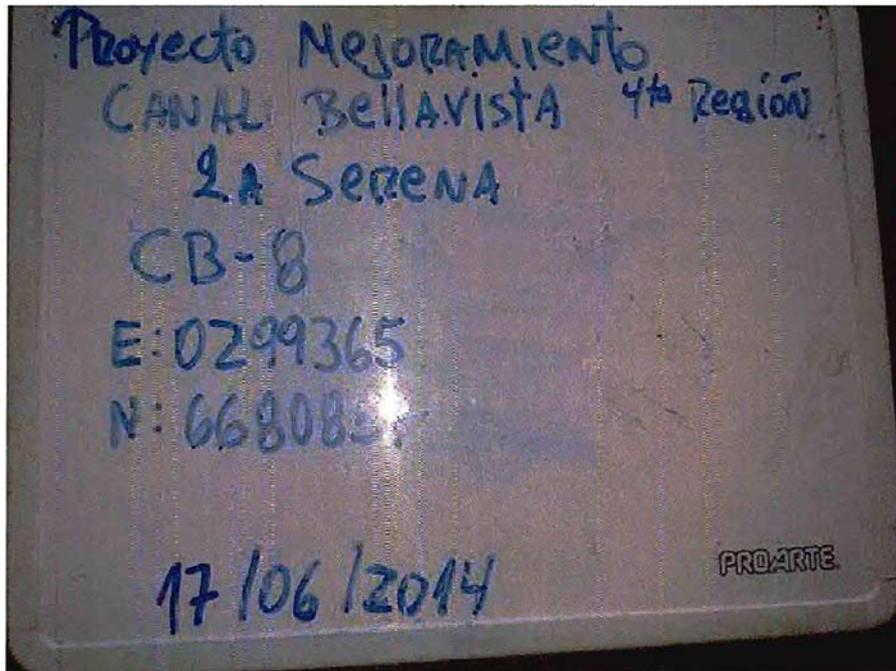






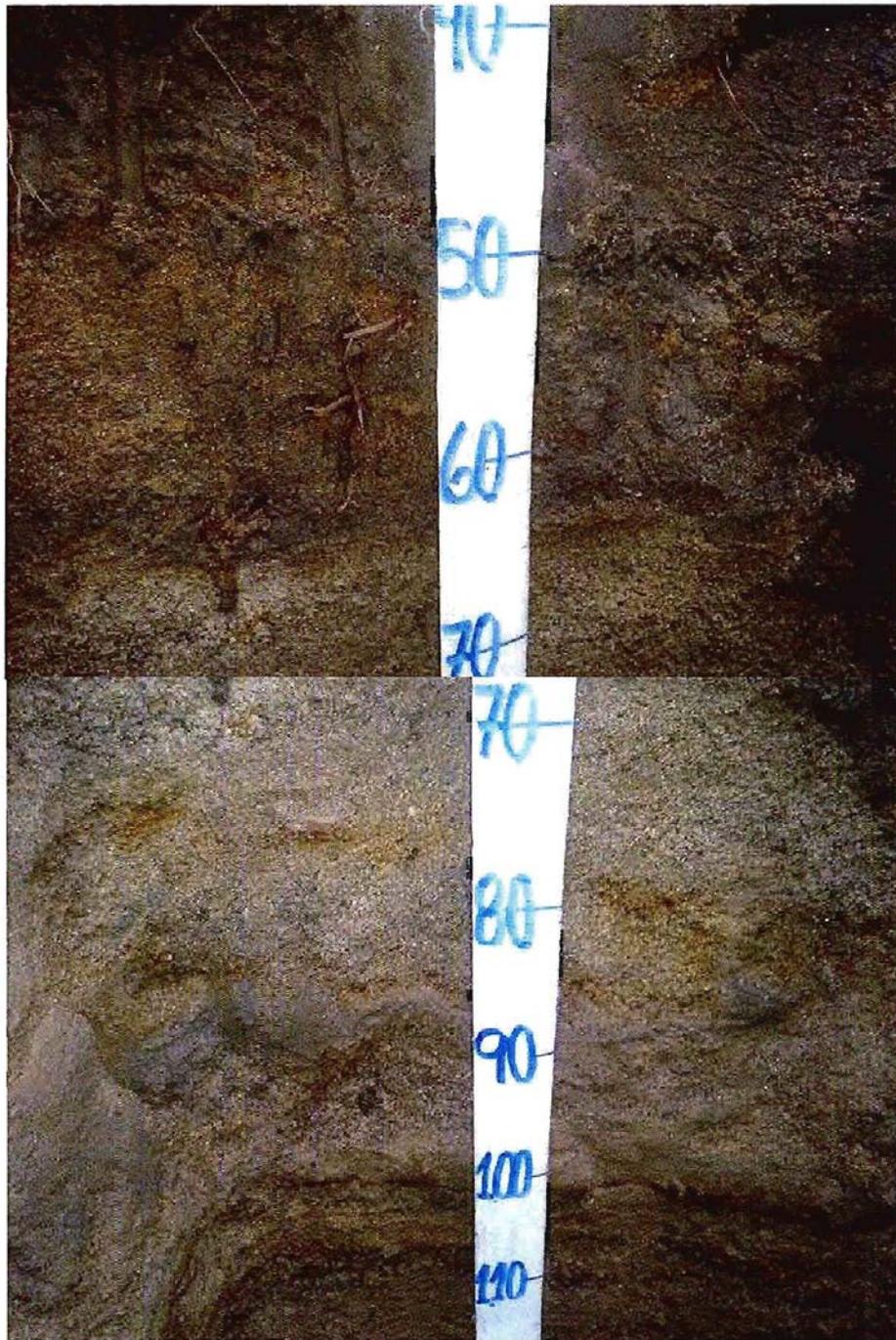
Calicata
CB-7
F.L. Rojas
E: 0200493
N: 6681003

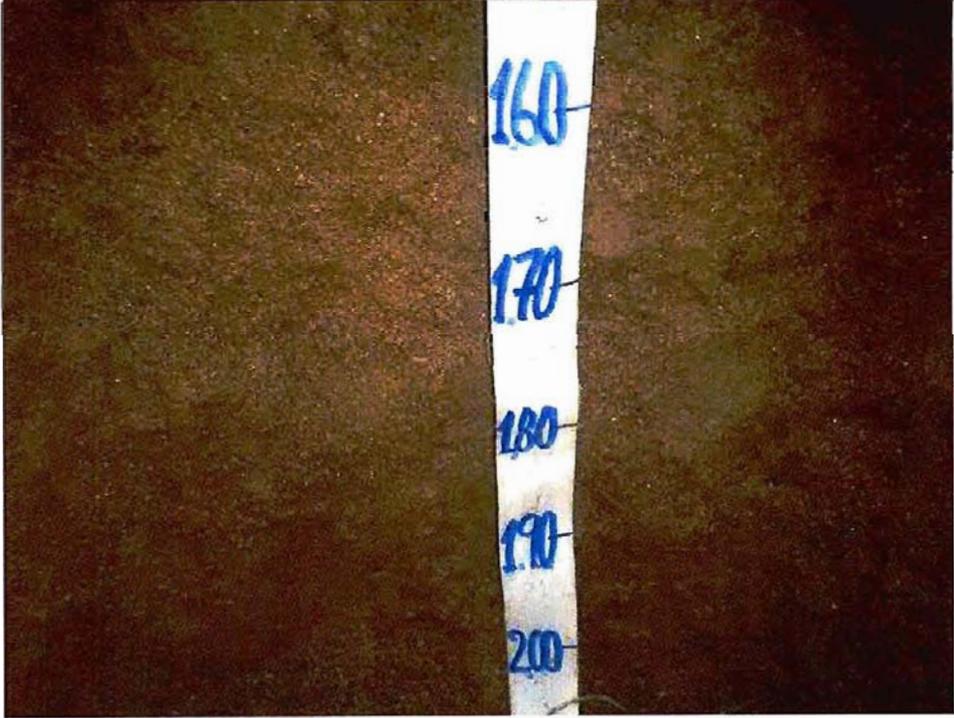
REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 08



Pared Norte



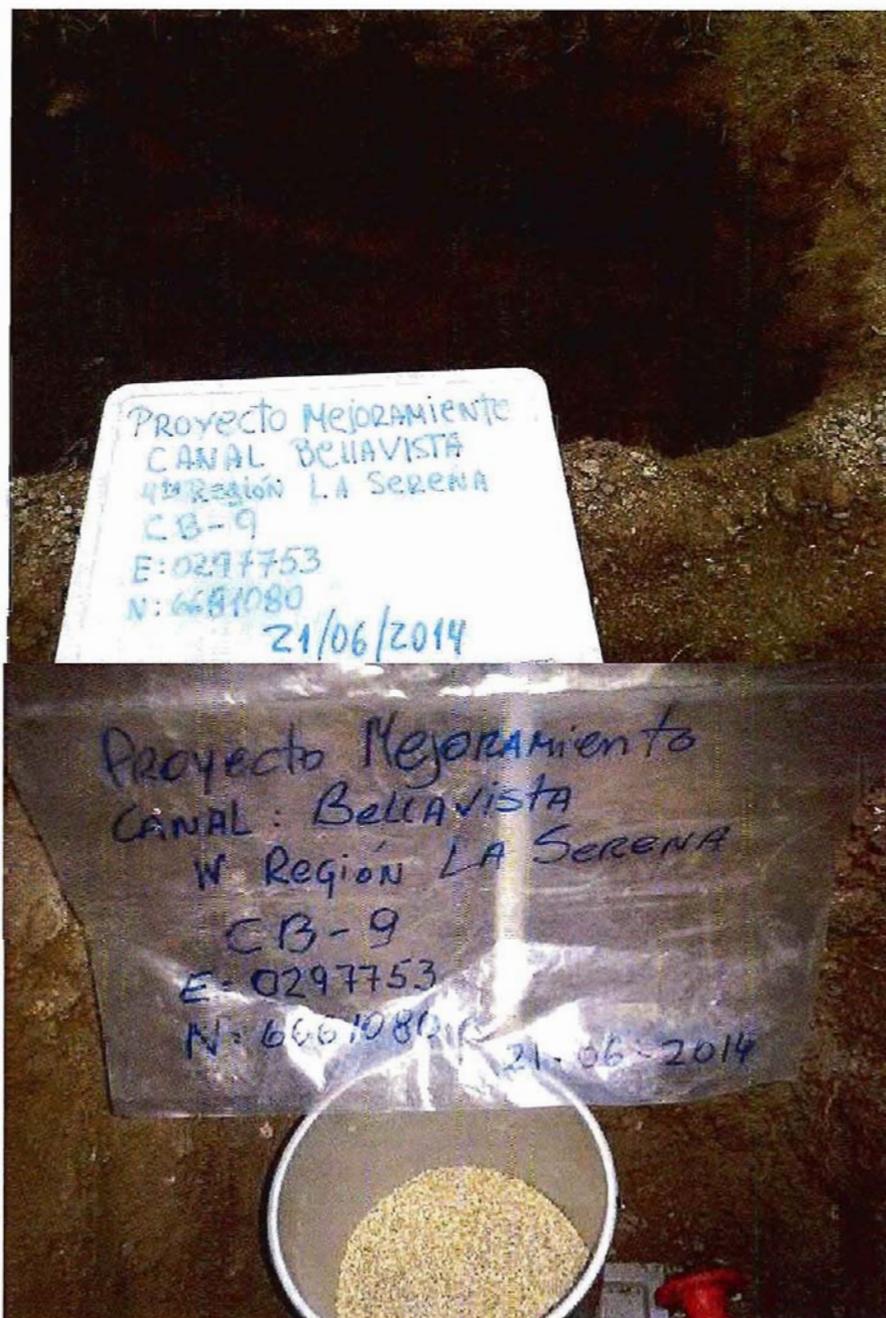


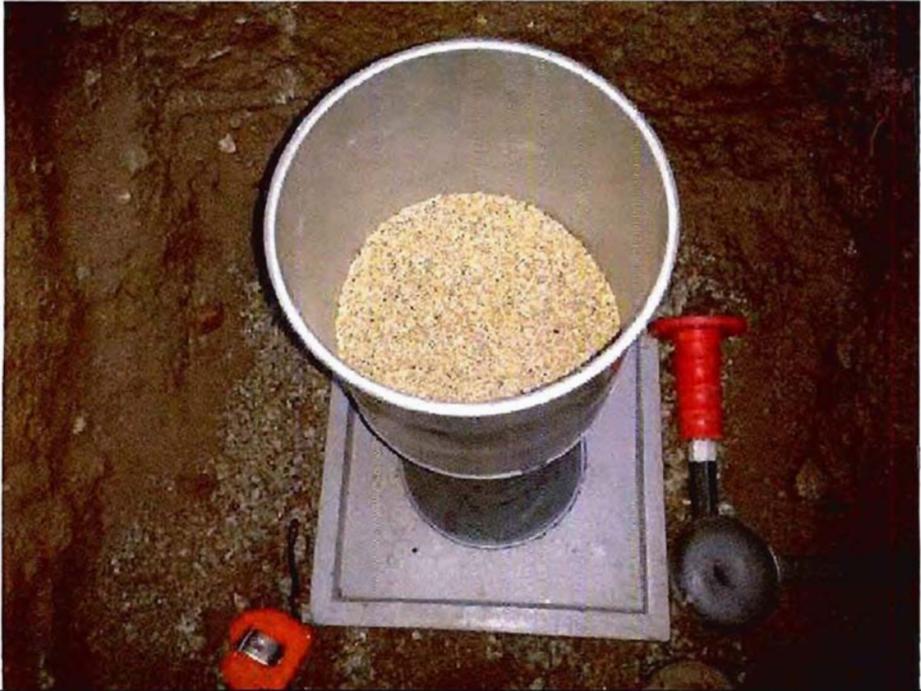


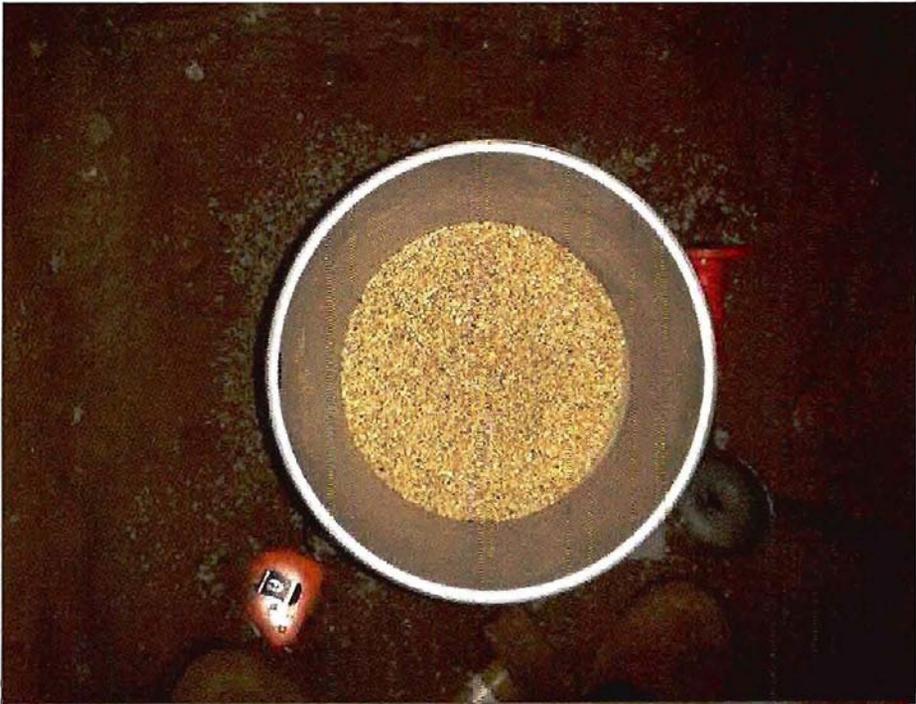


REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 09

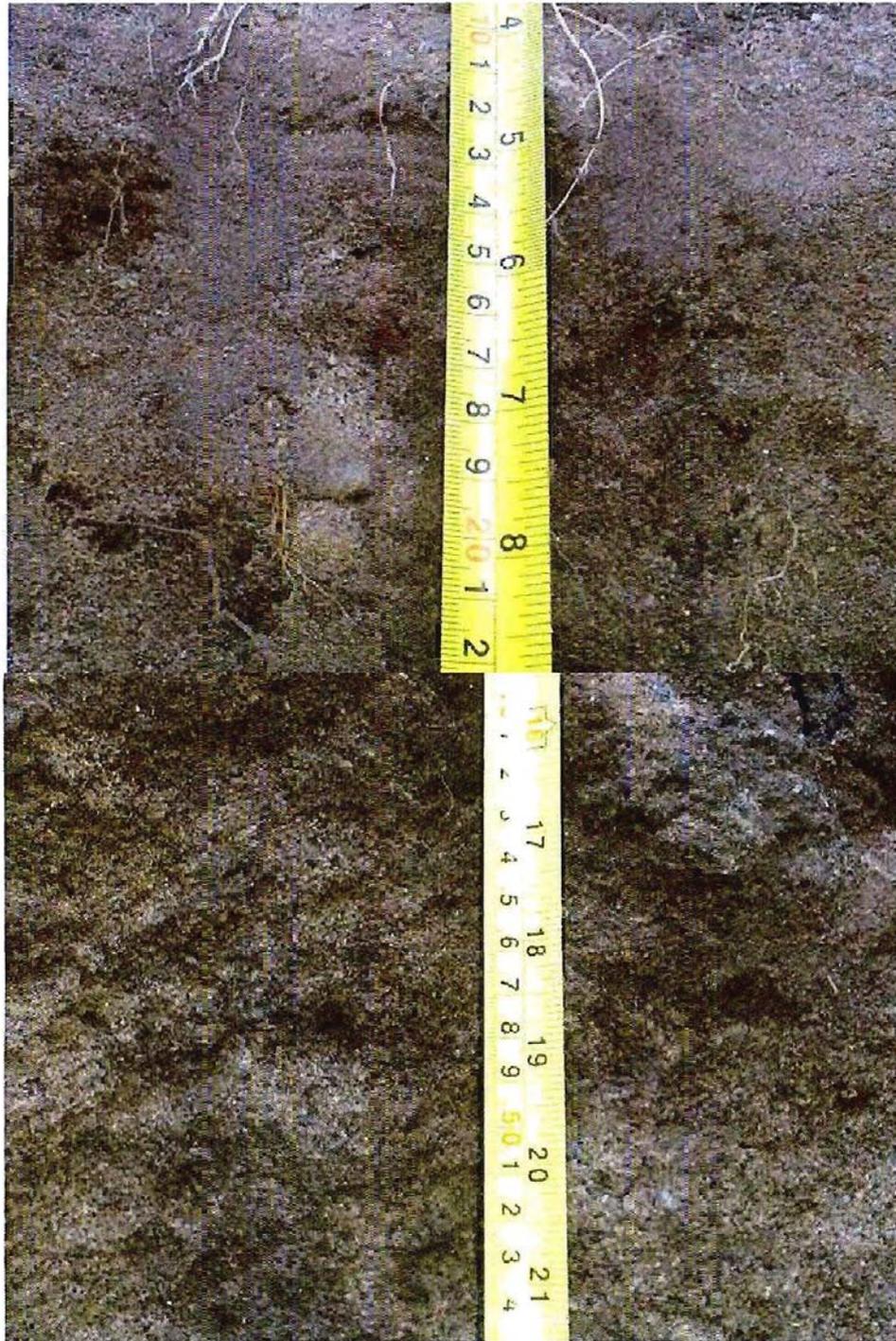
Ensayo de densidad

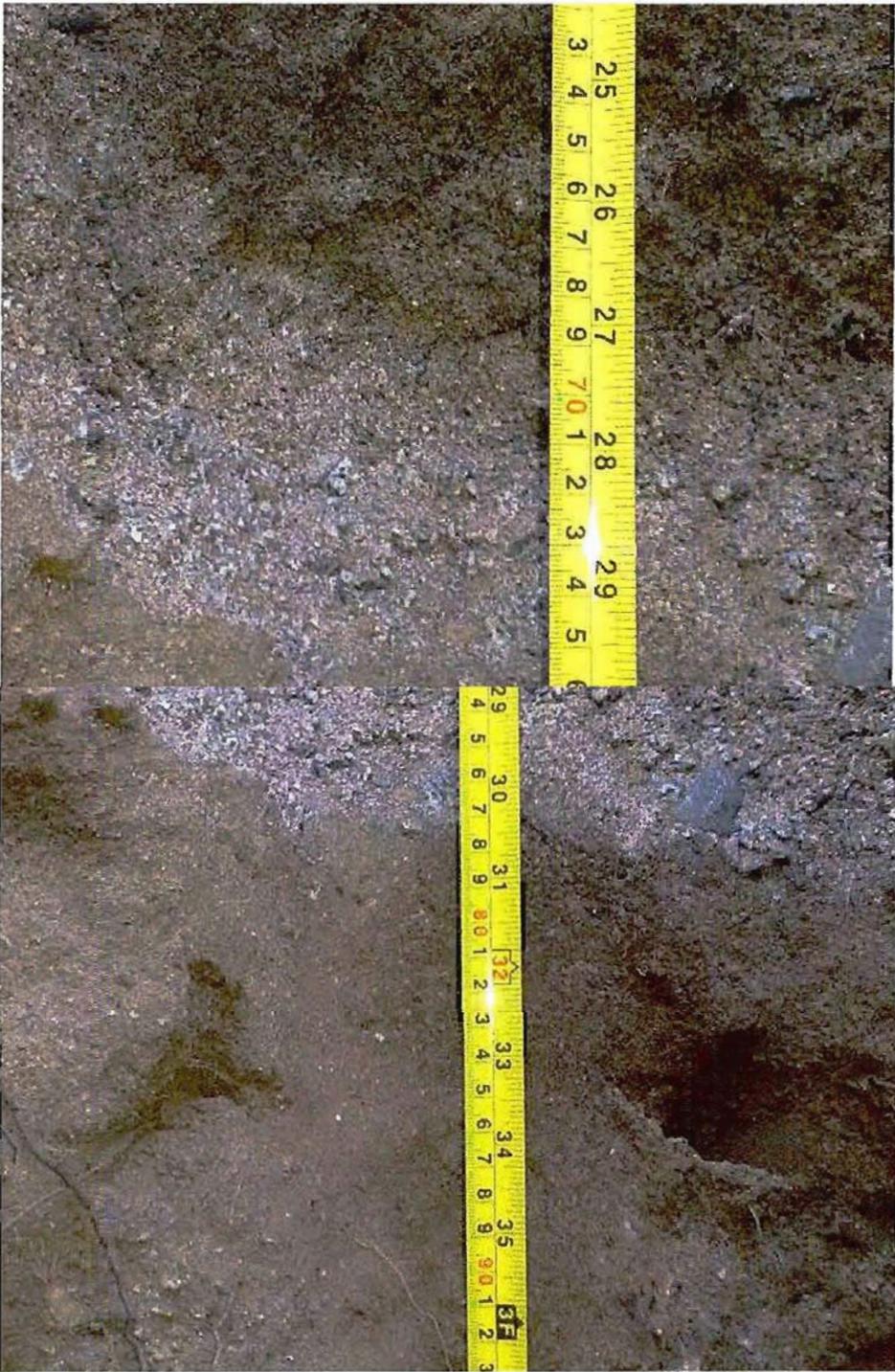






Pared Norte

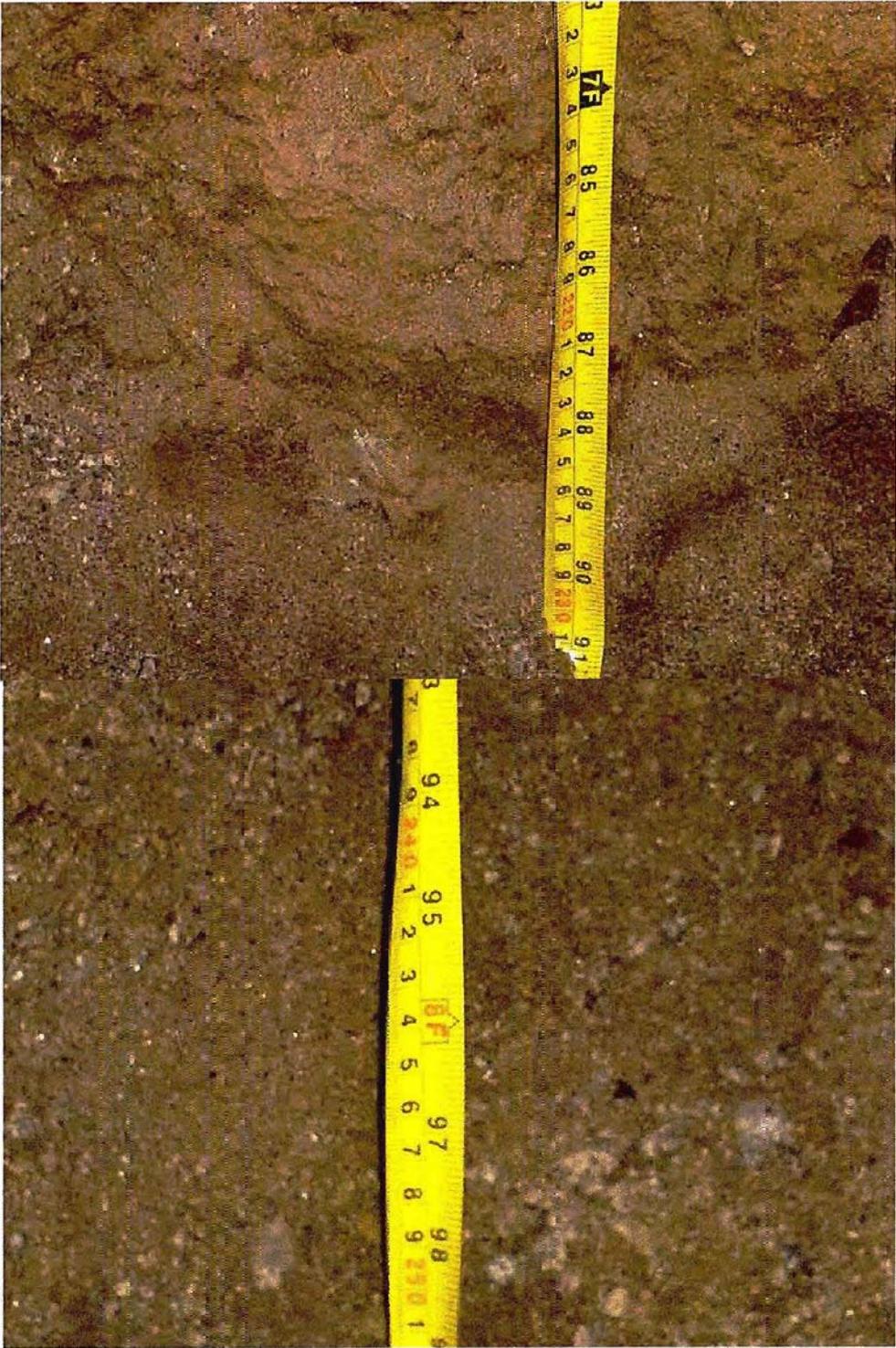








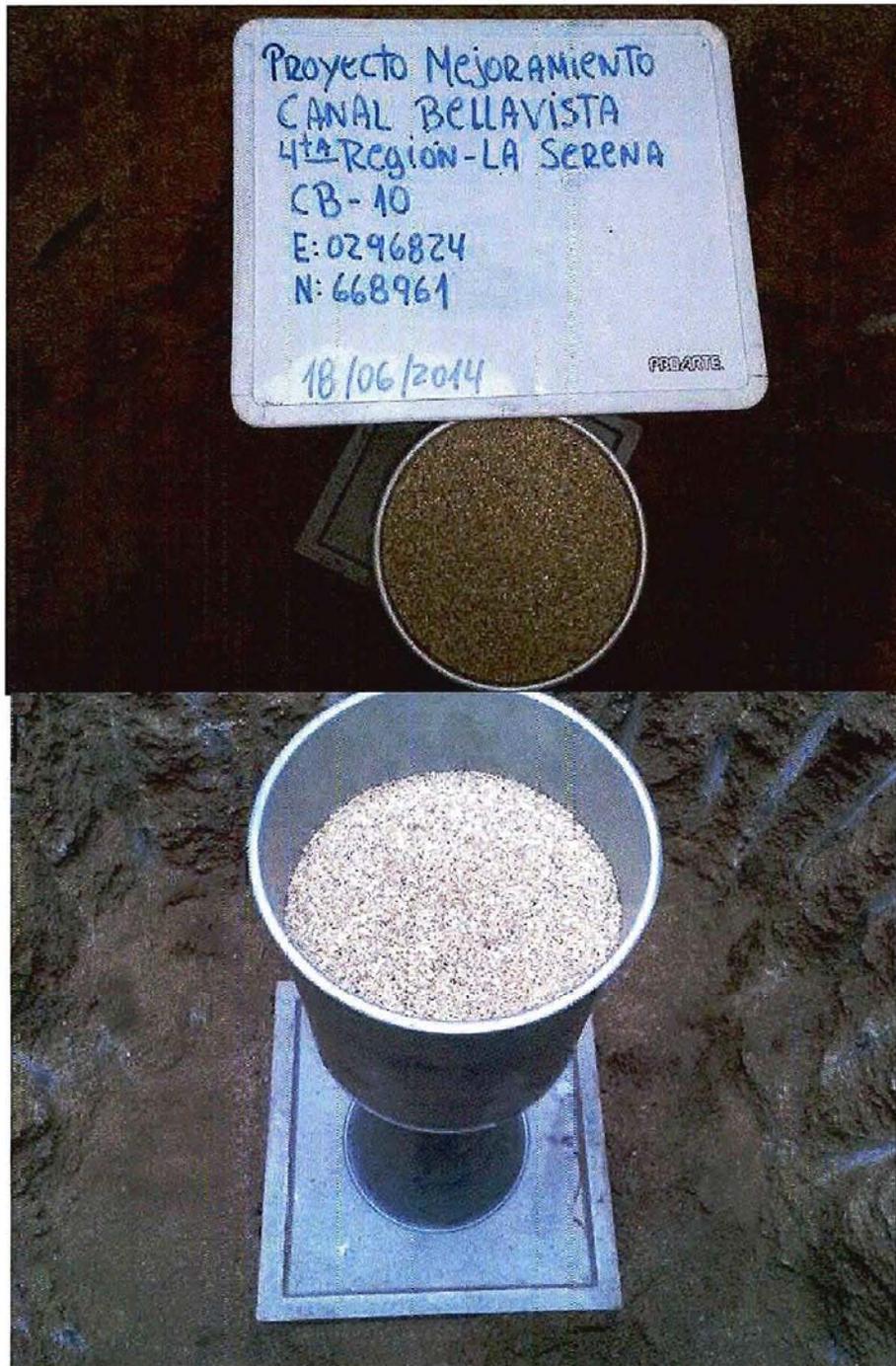


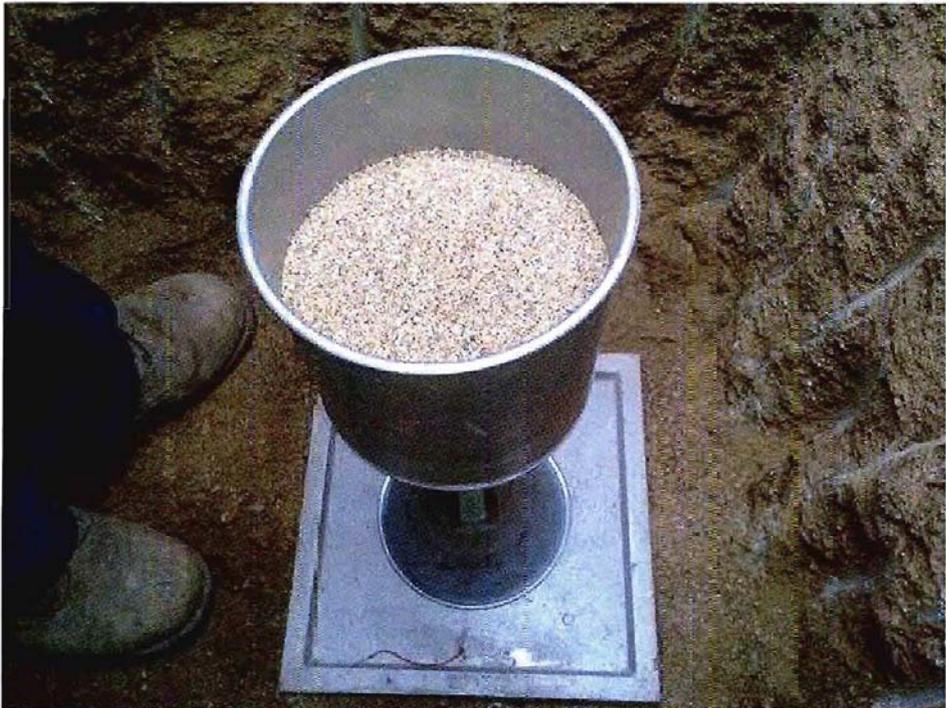




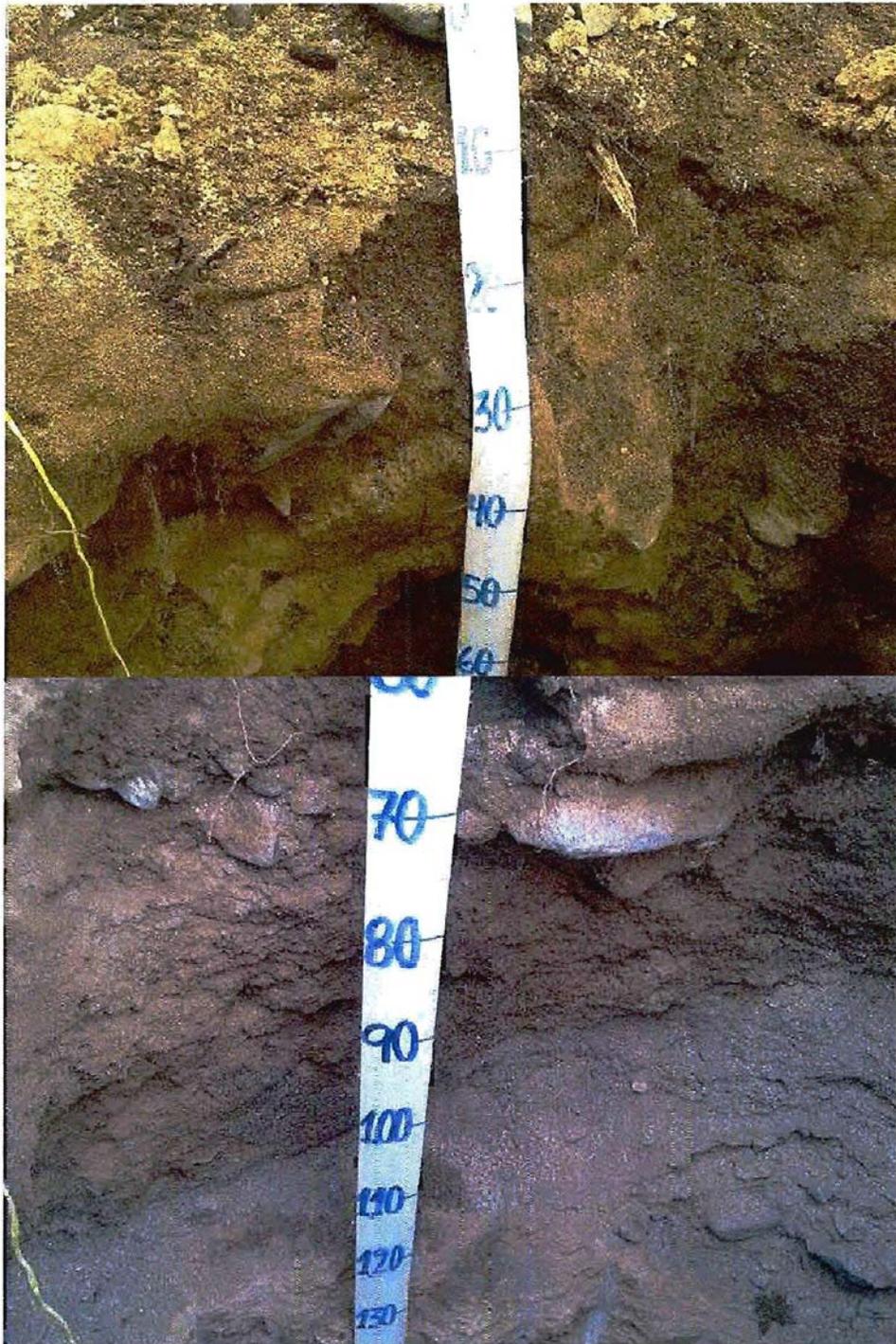
REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 10

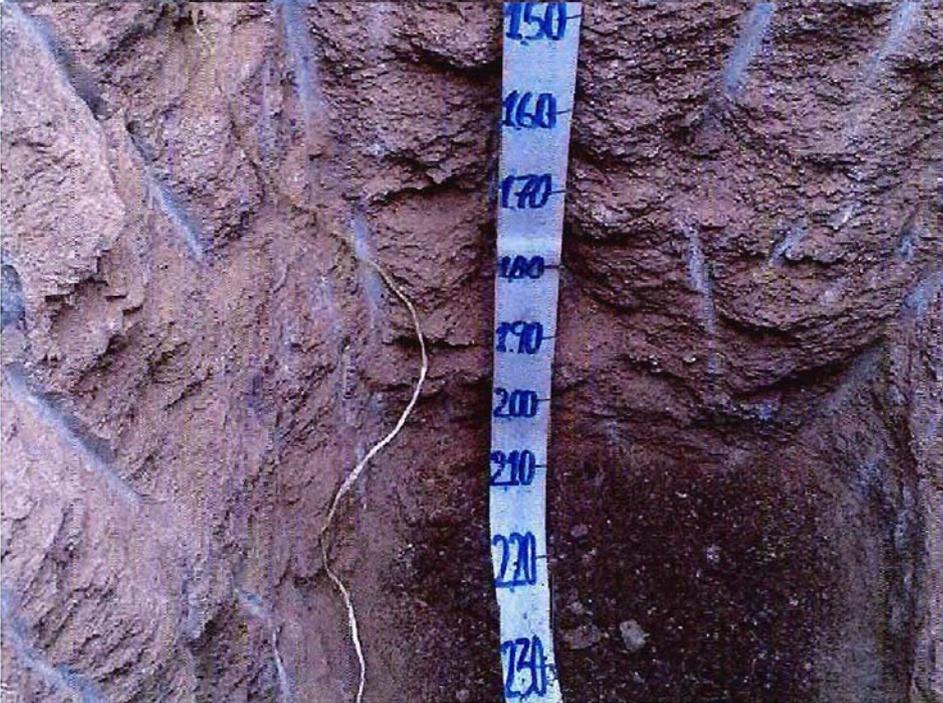
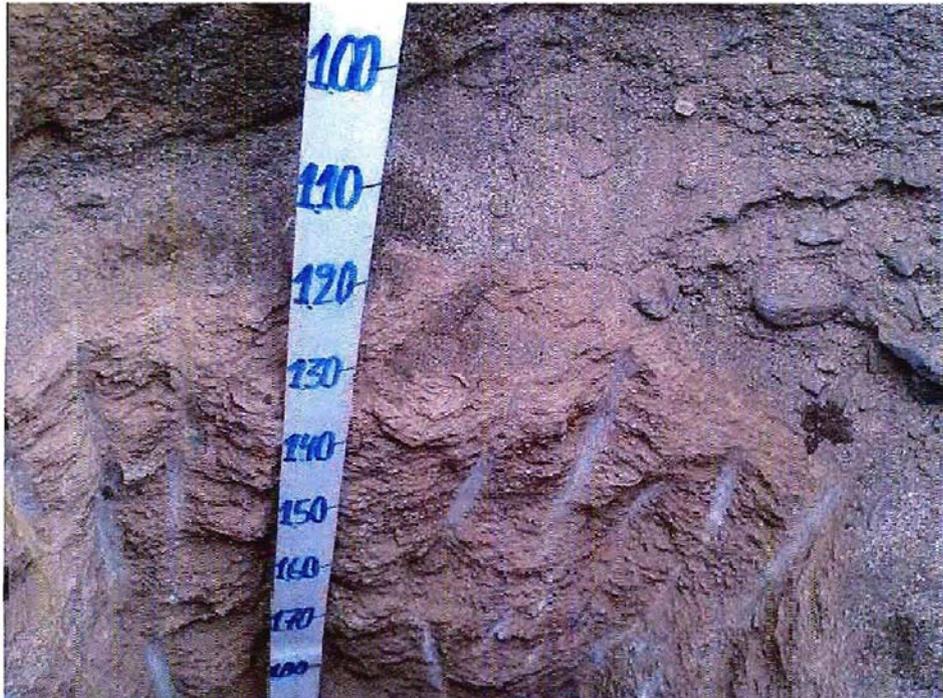
Ensayo de densidad



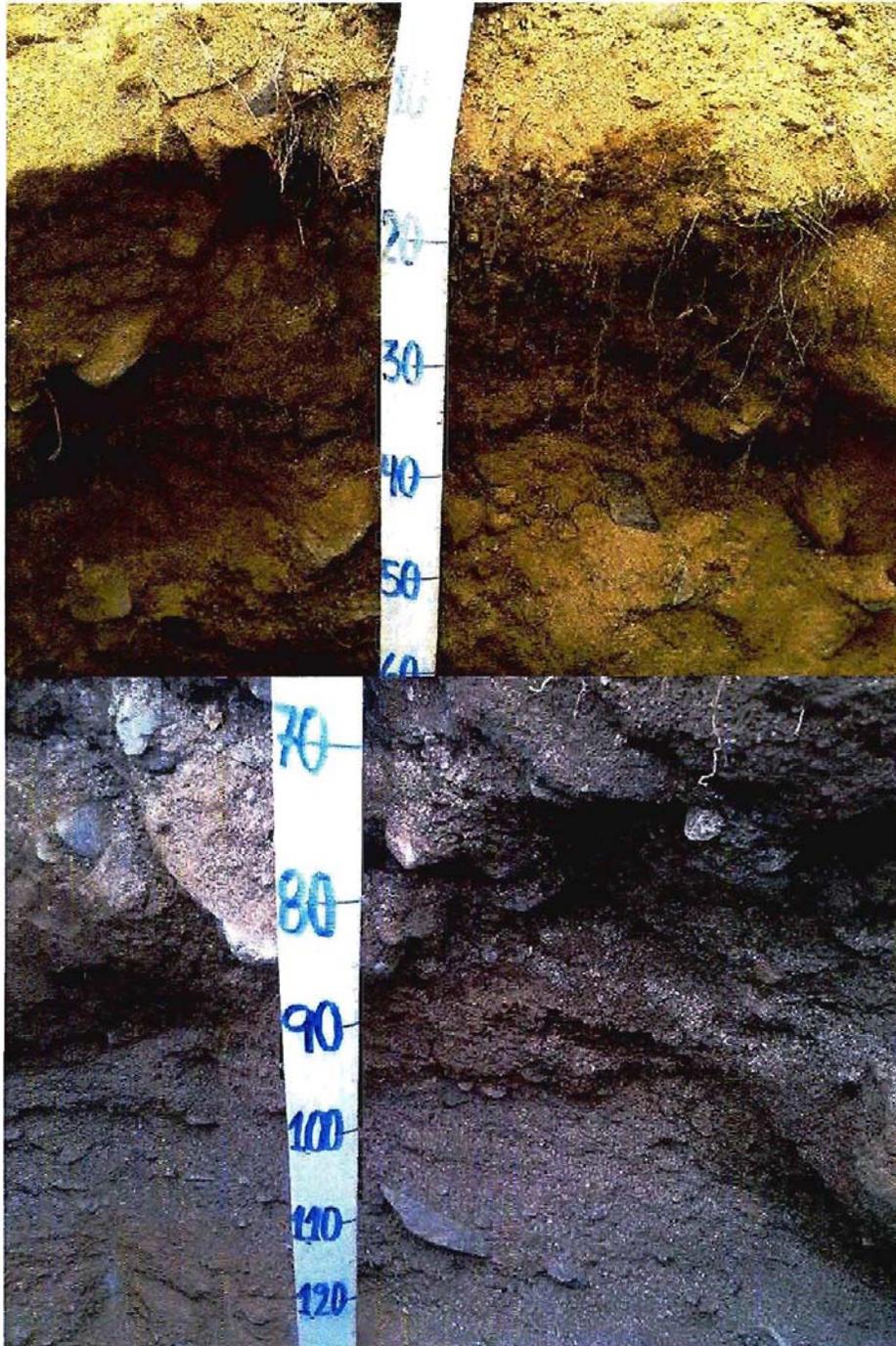


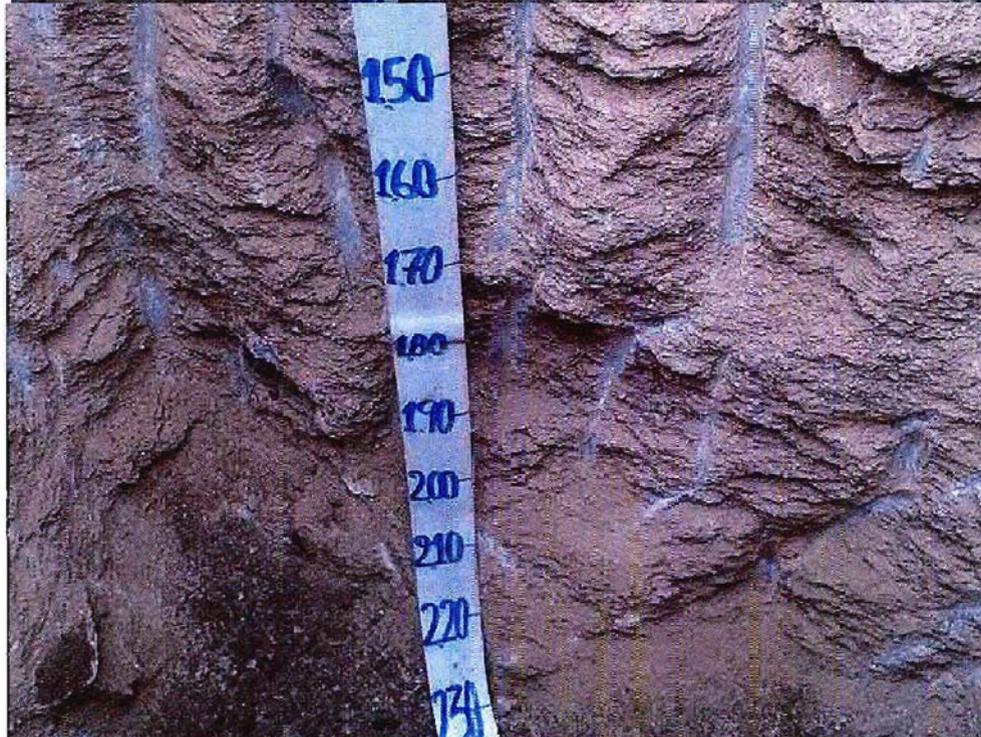
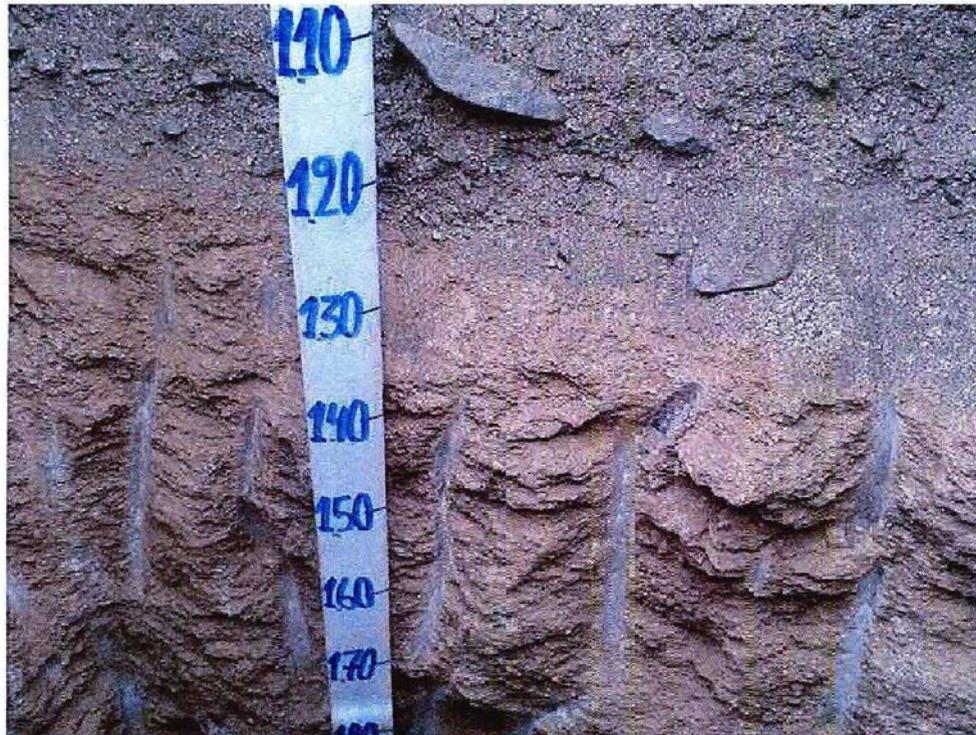
Pared Norte

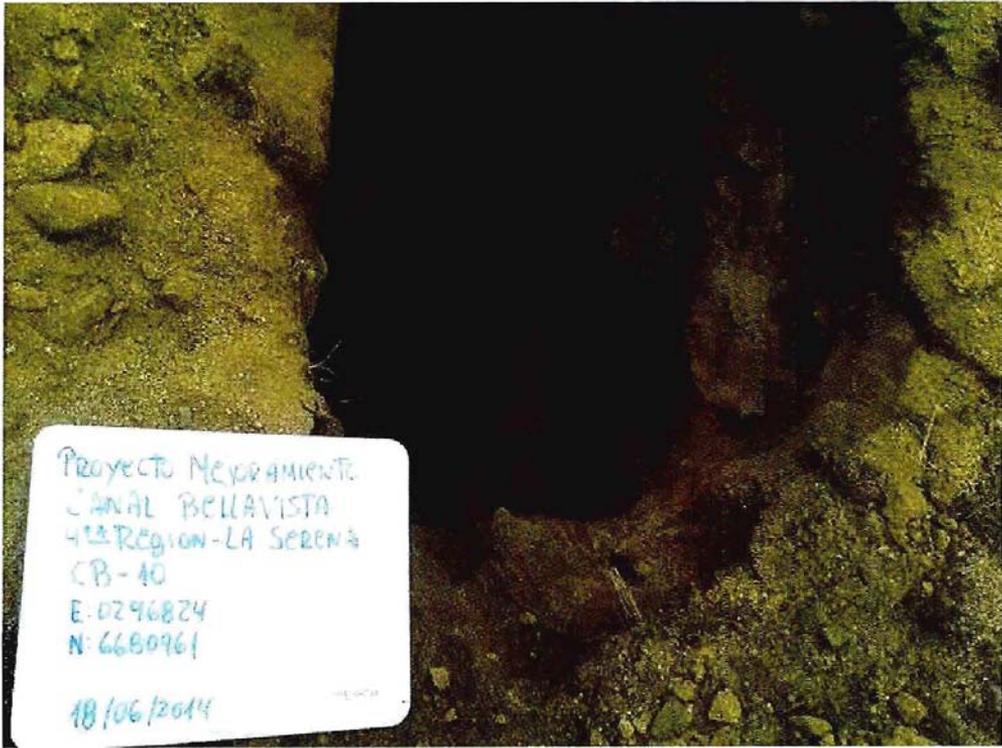




Pared Este





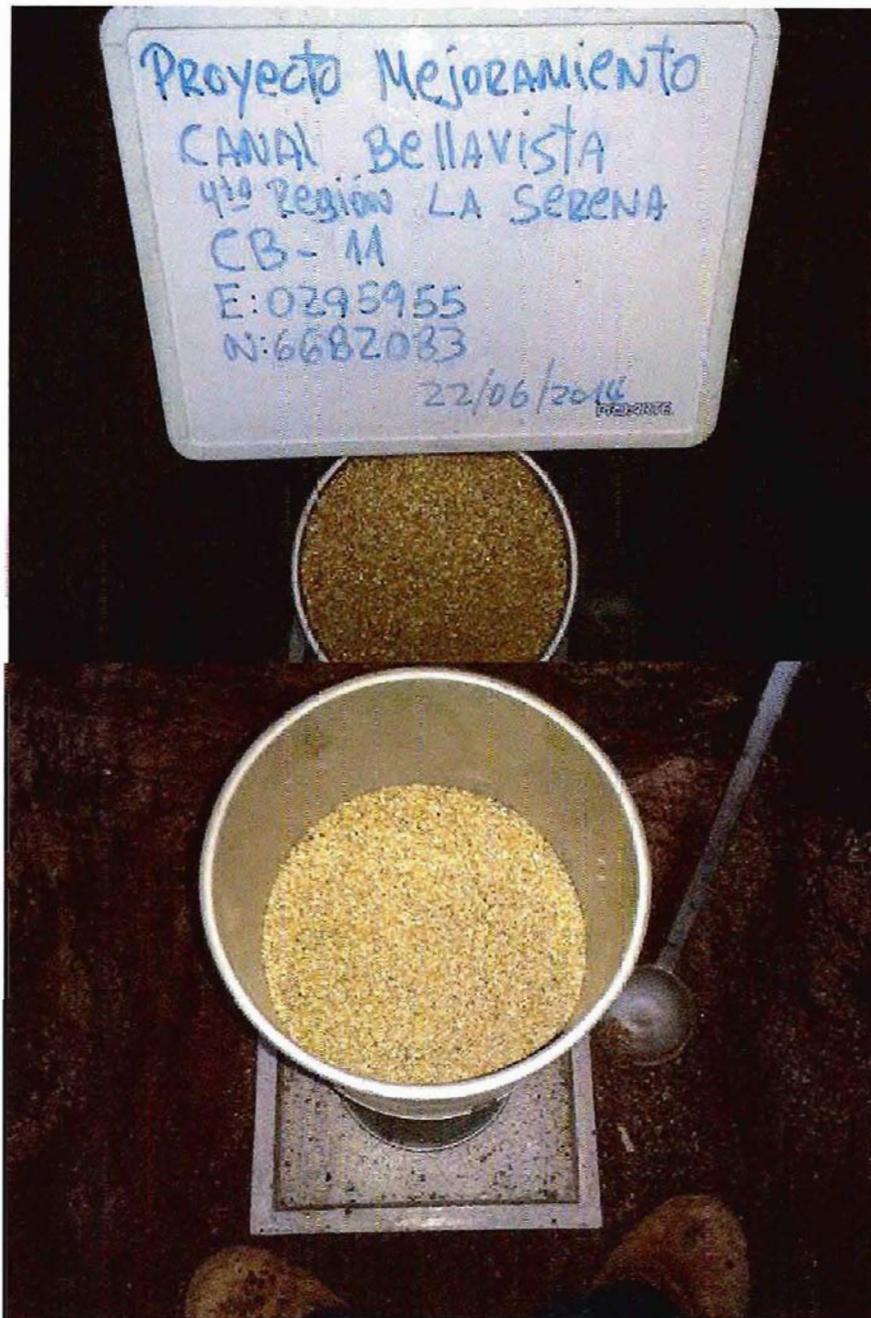


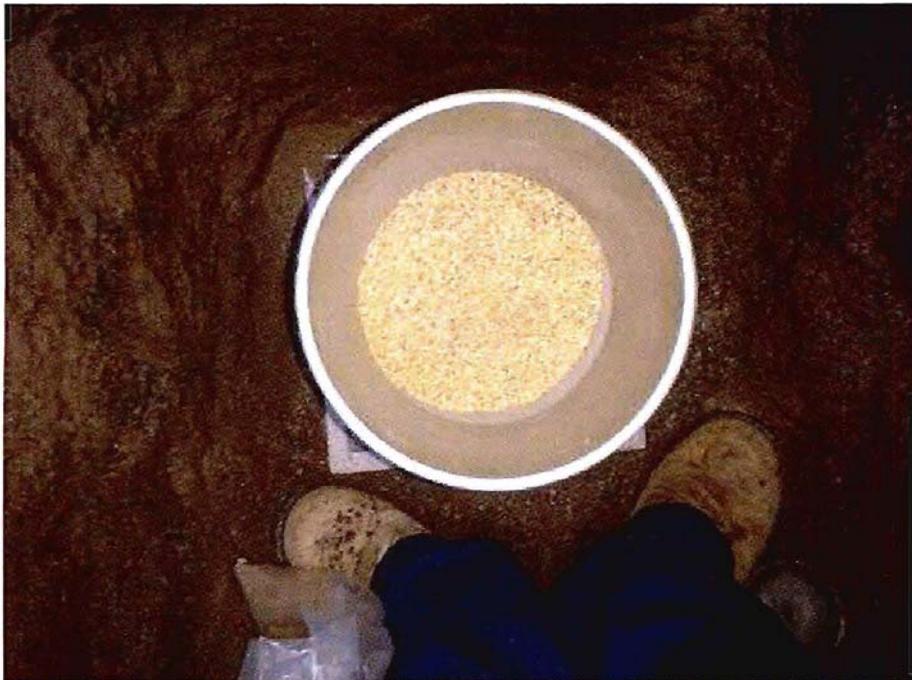
Proyecto Mejoramiento
CANAL BELLAVISTA
4ta Region-LA SERENA
CB-40
E: 0296824
N: 6680961

18/06/2014

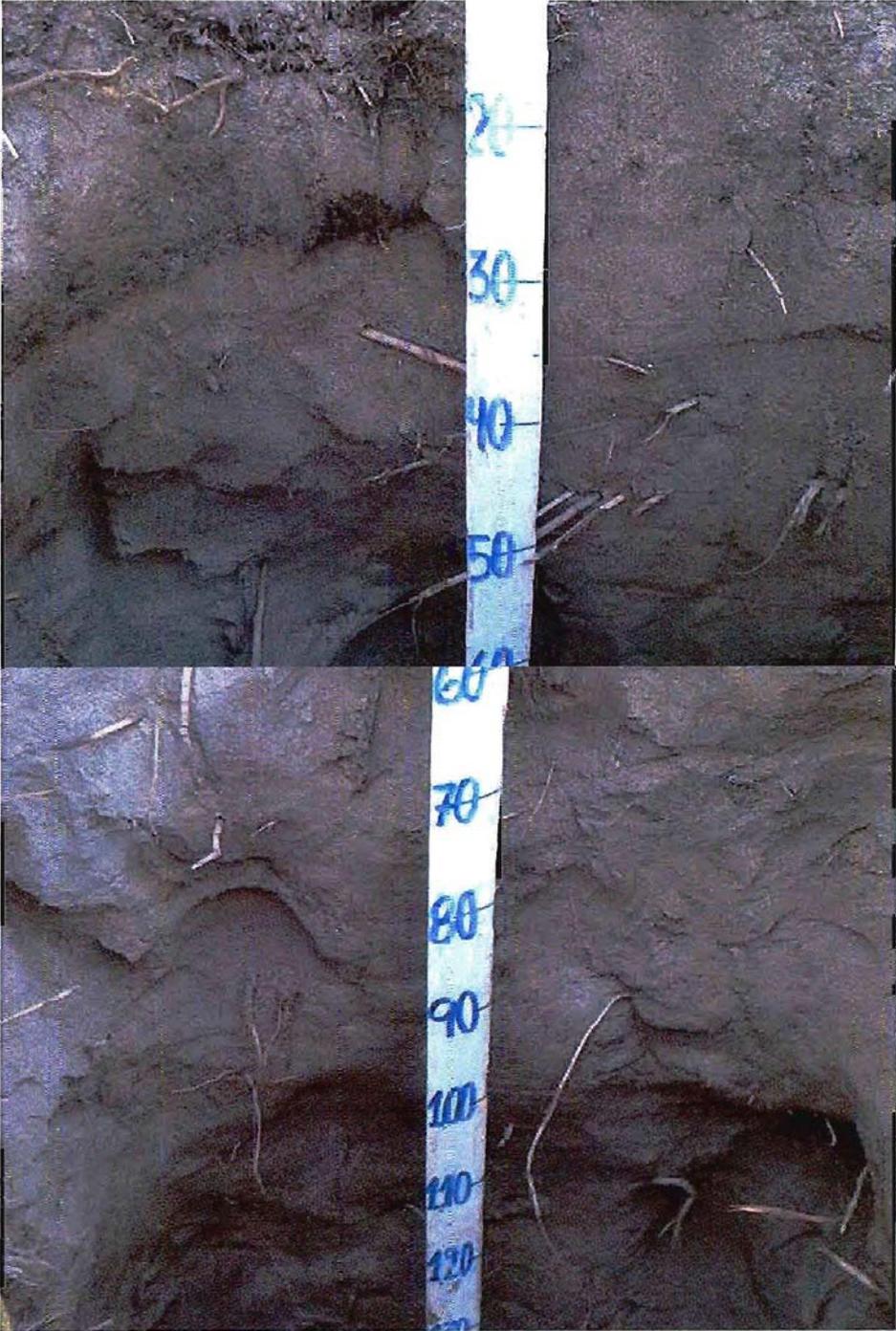
REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 11

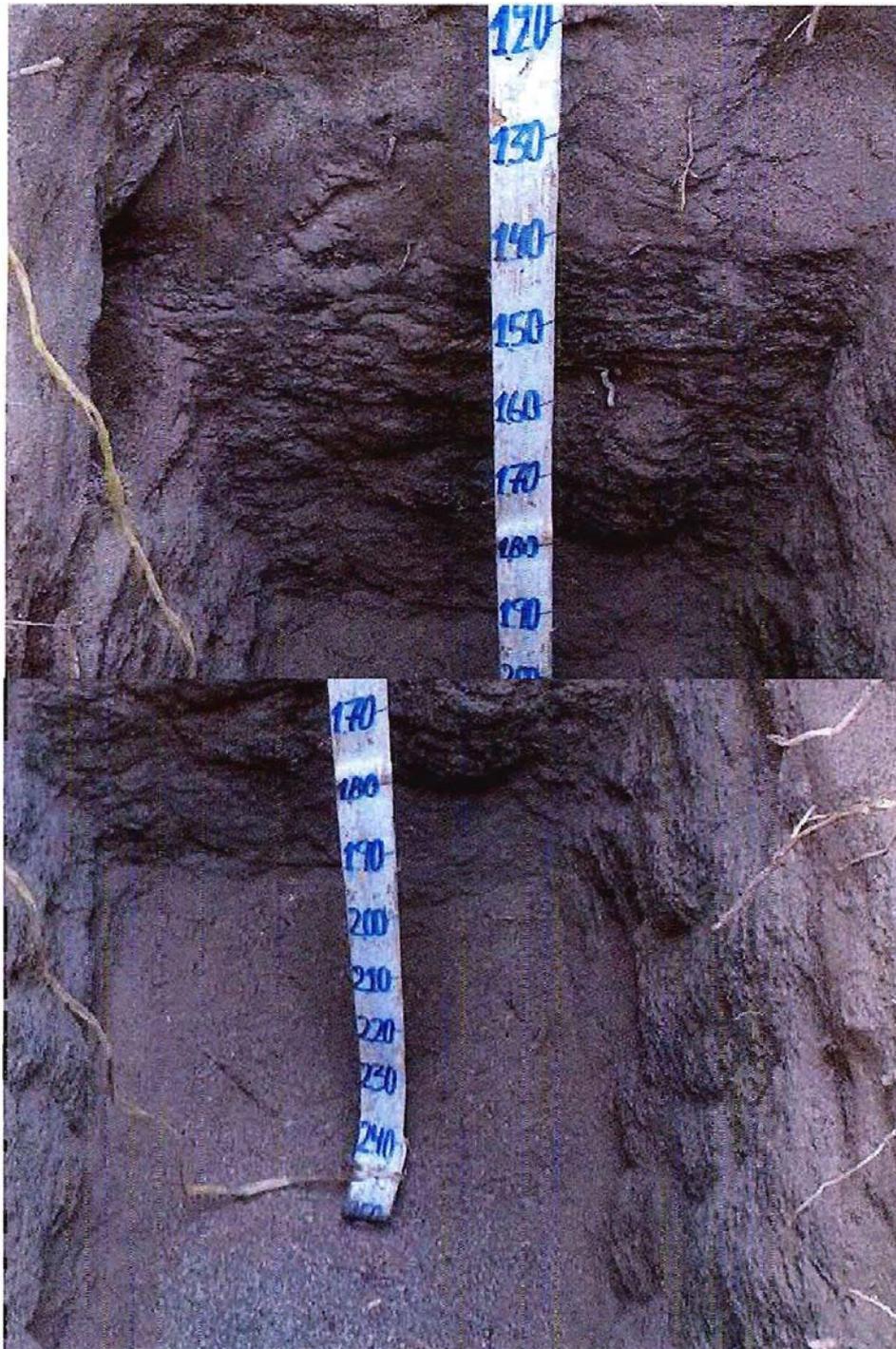
Ensayo de densidad



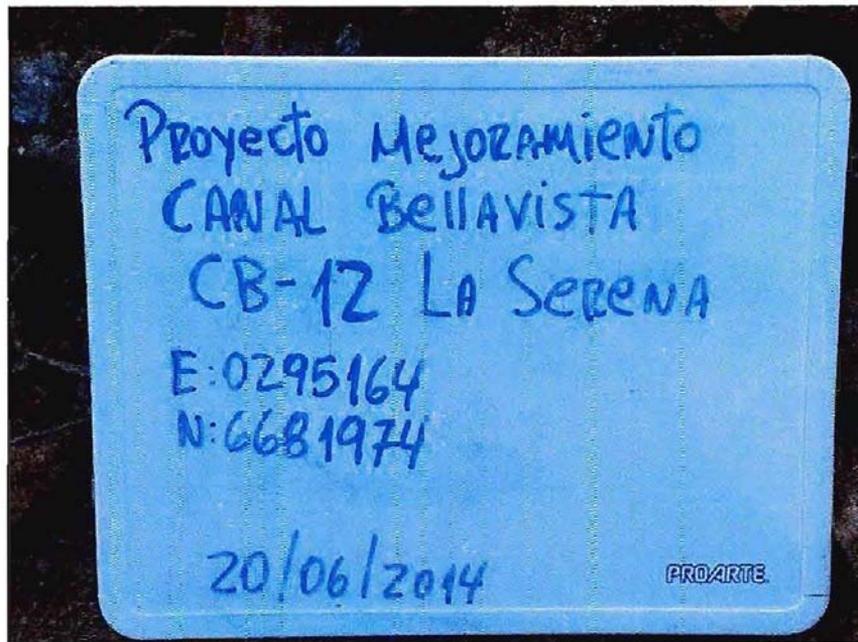


Pared Norte



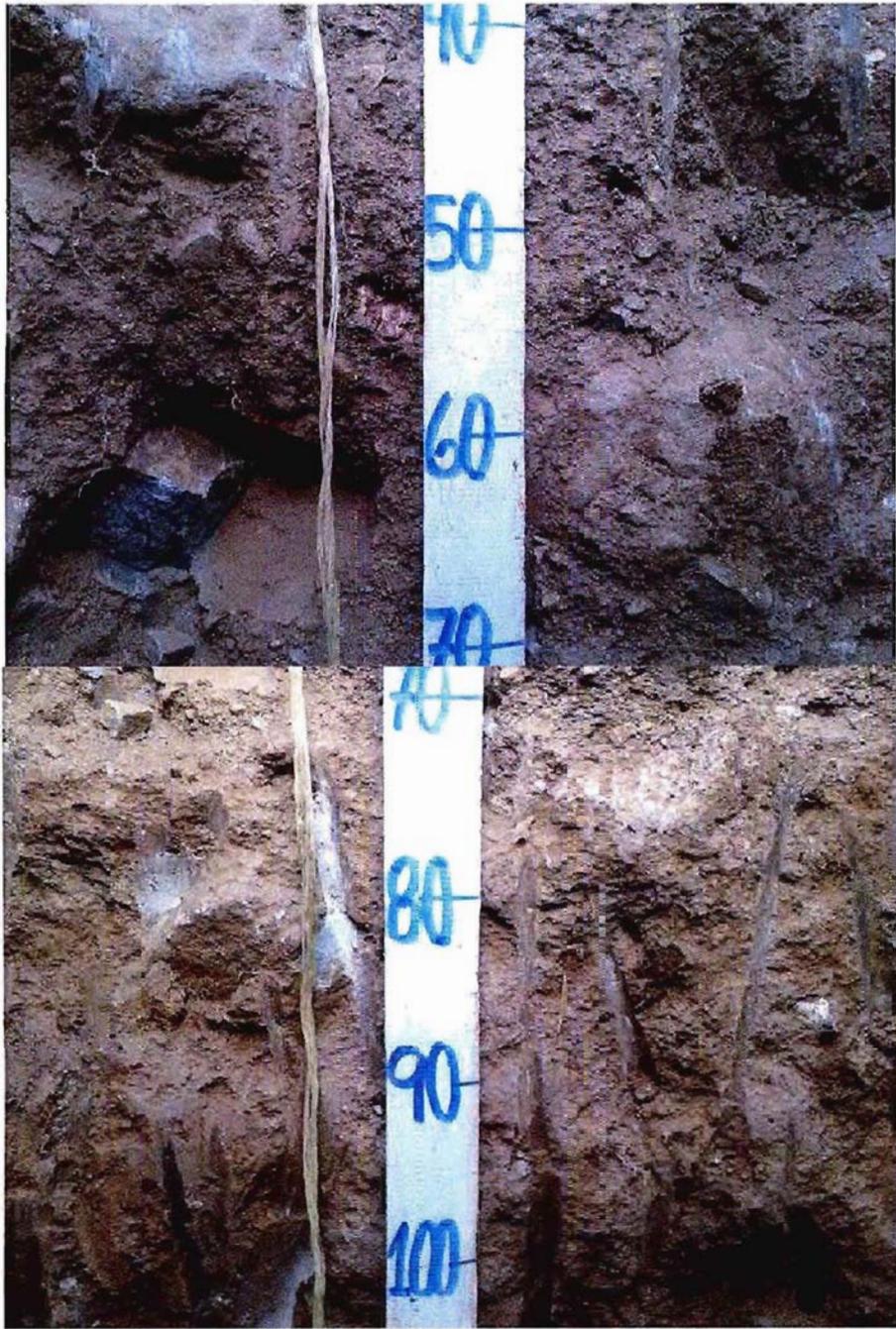


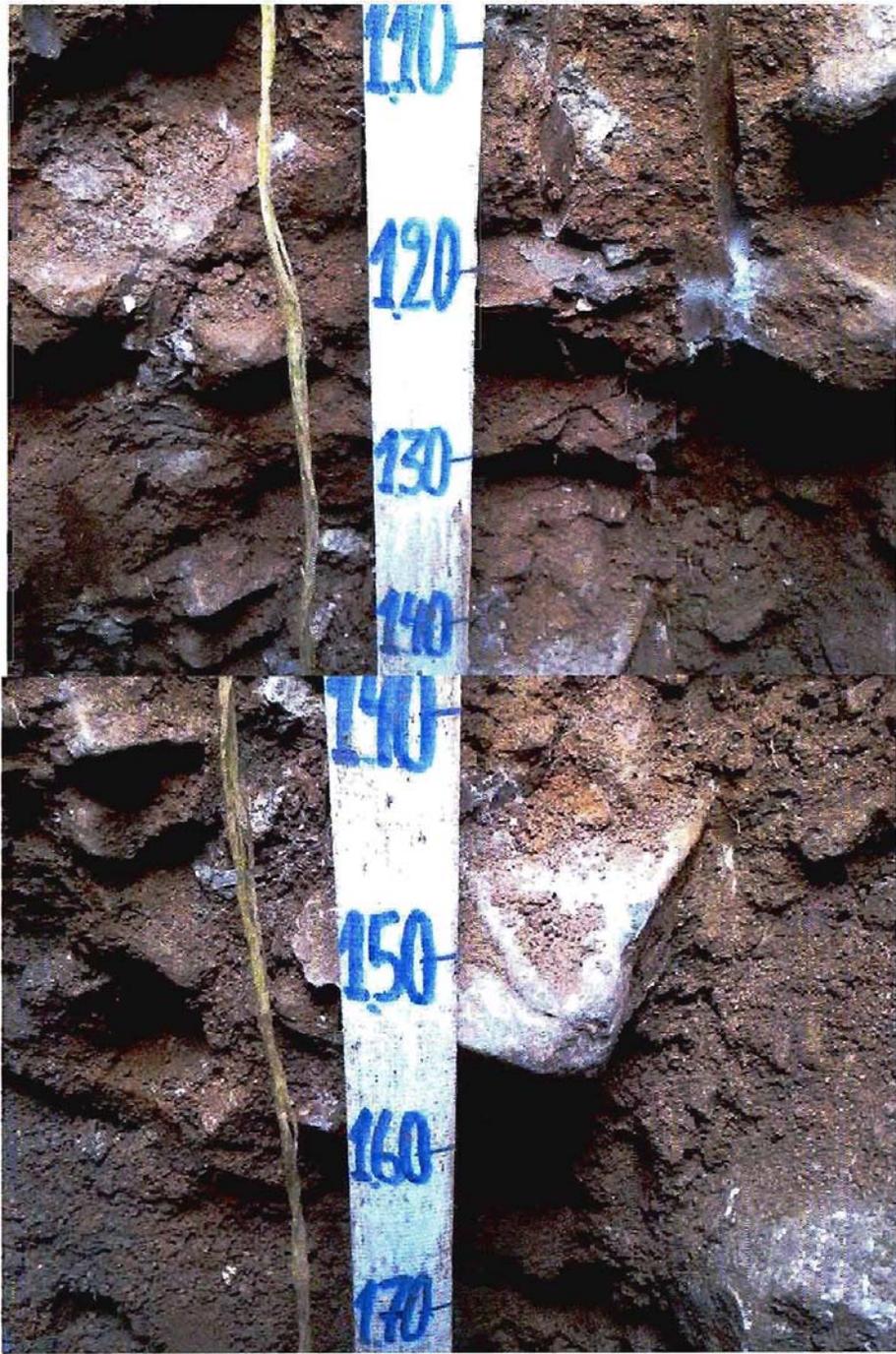
REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 12

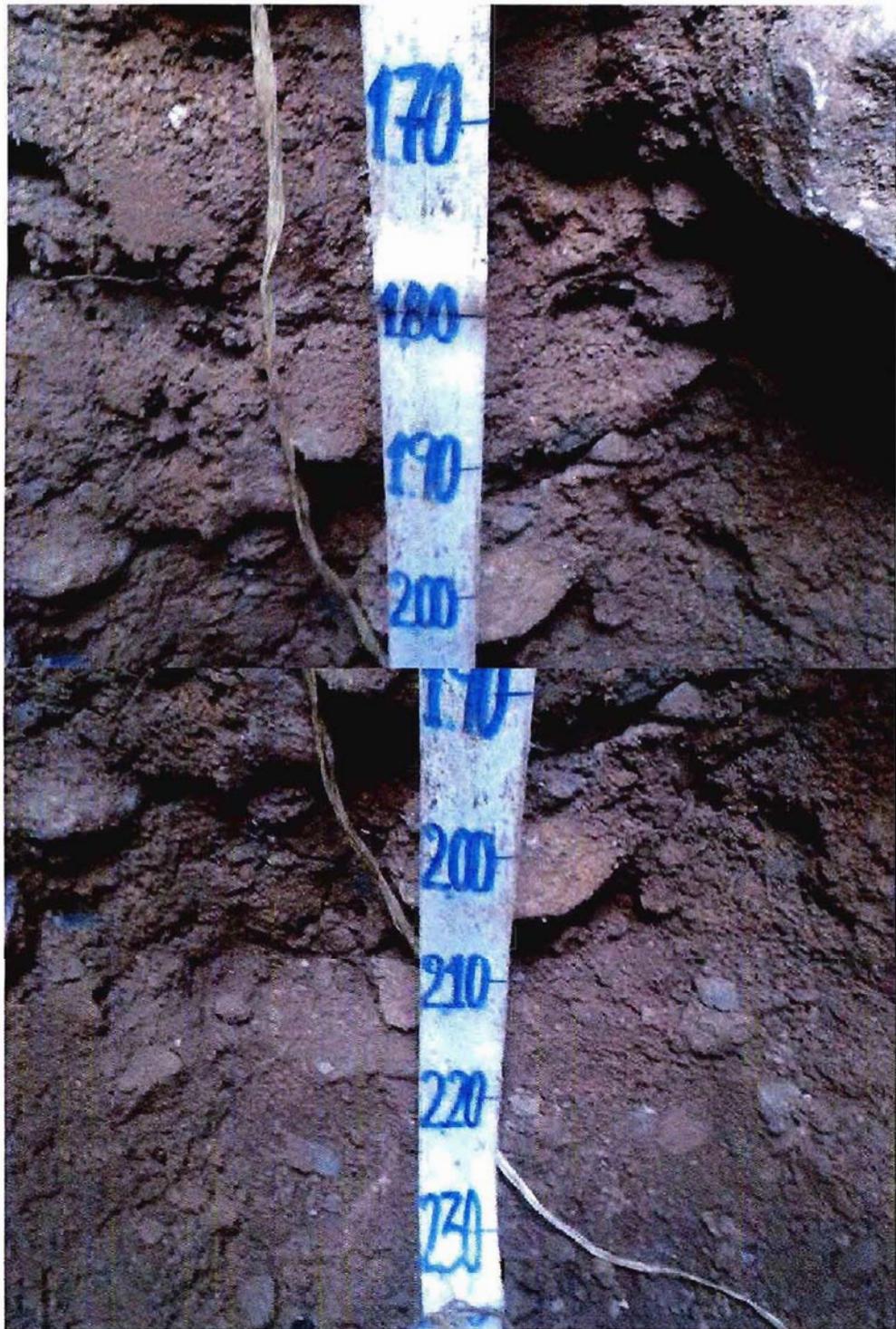


Pared Norte

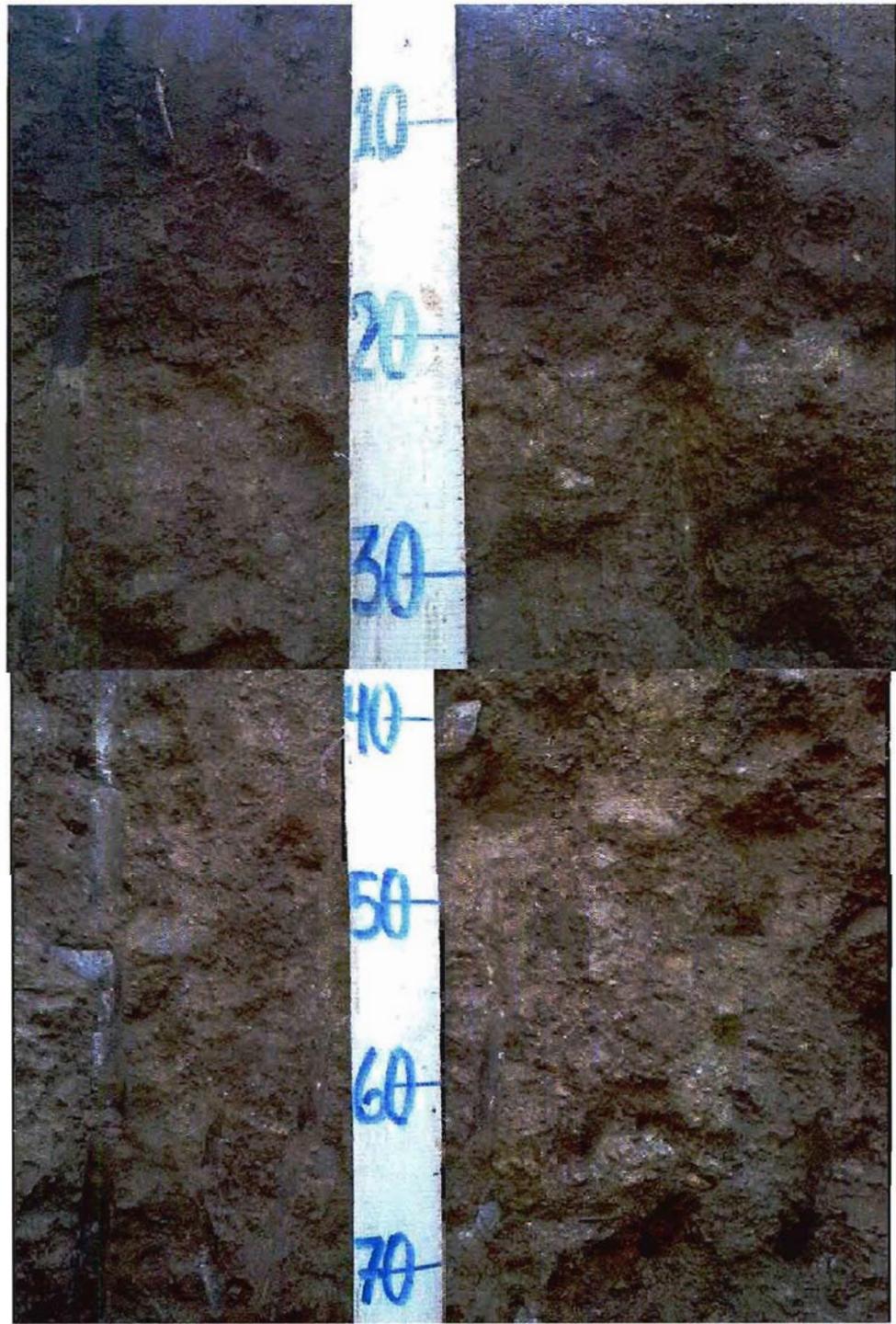


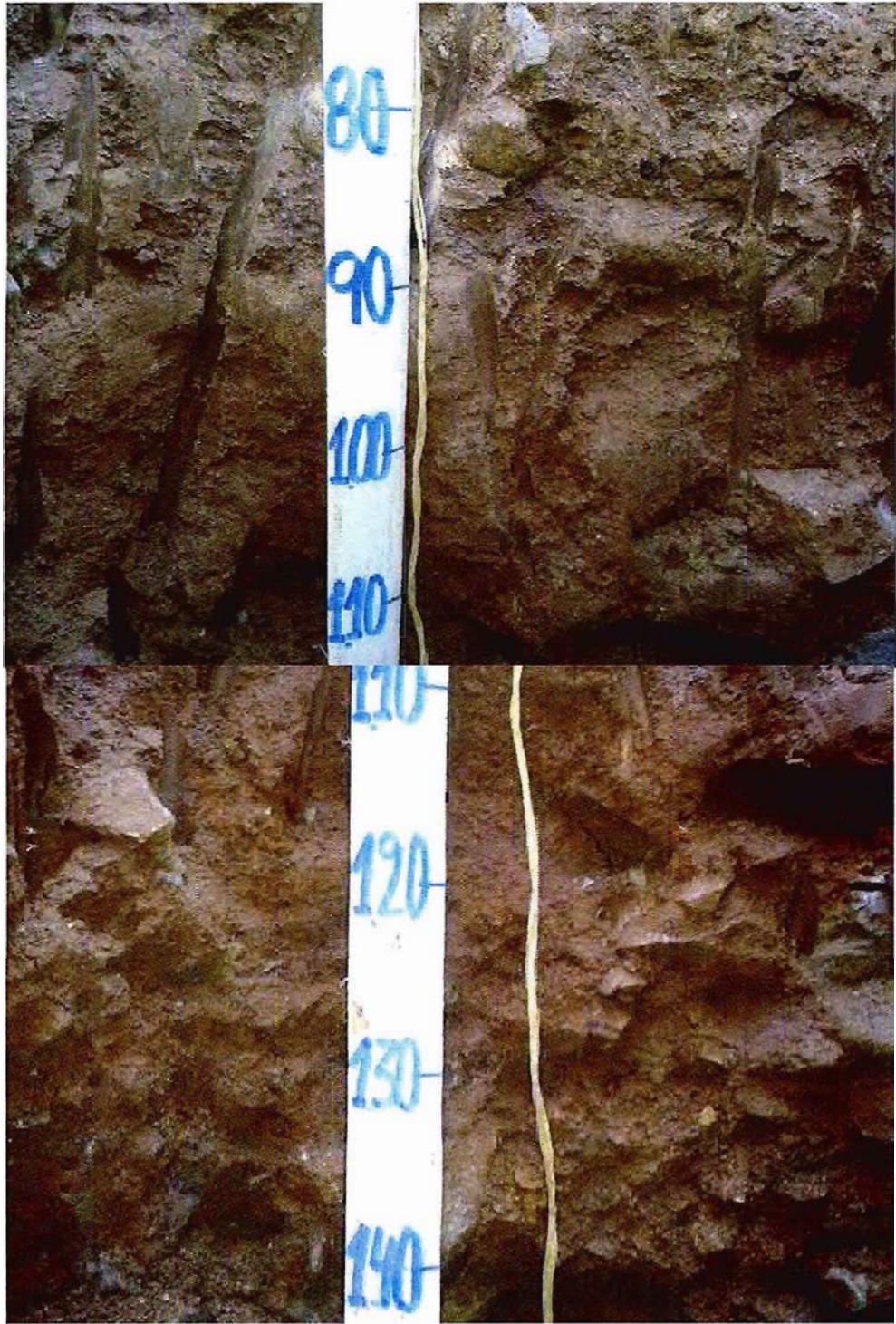






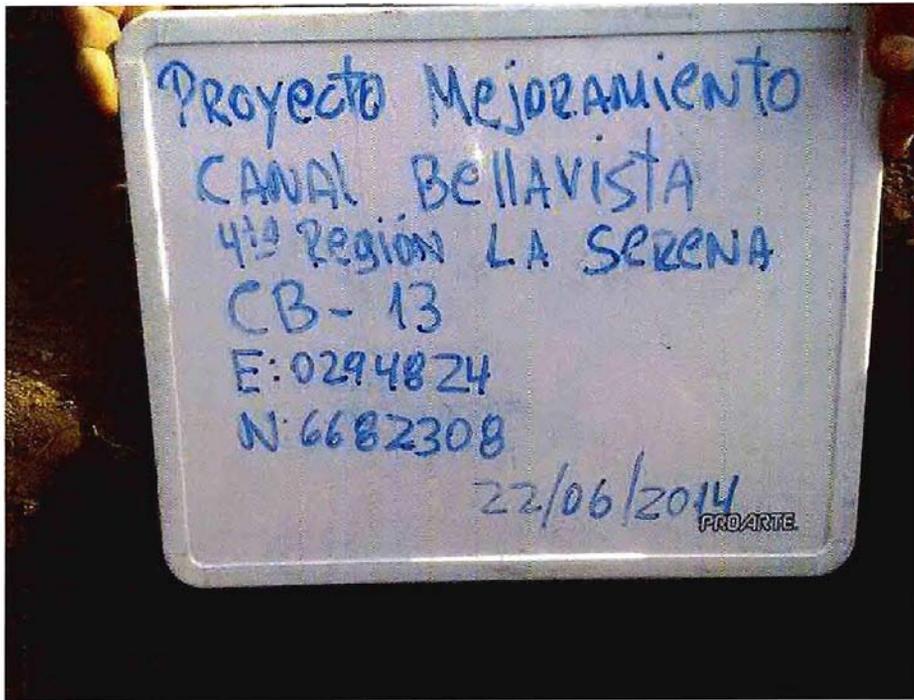
Pared Este







REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 13



Pared Norte





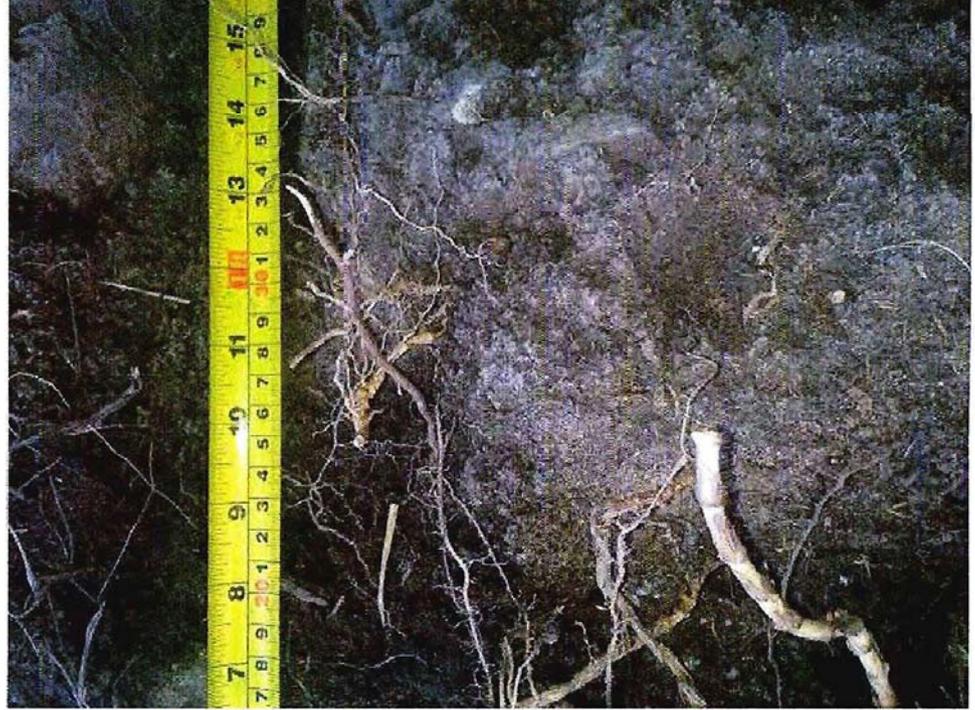


REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 14



Pared Norte









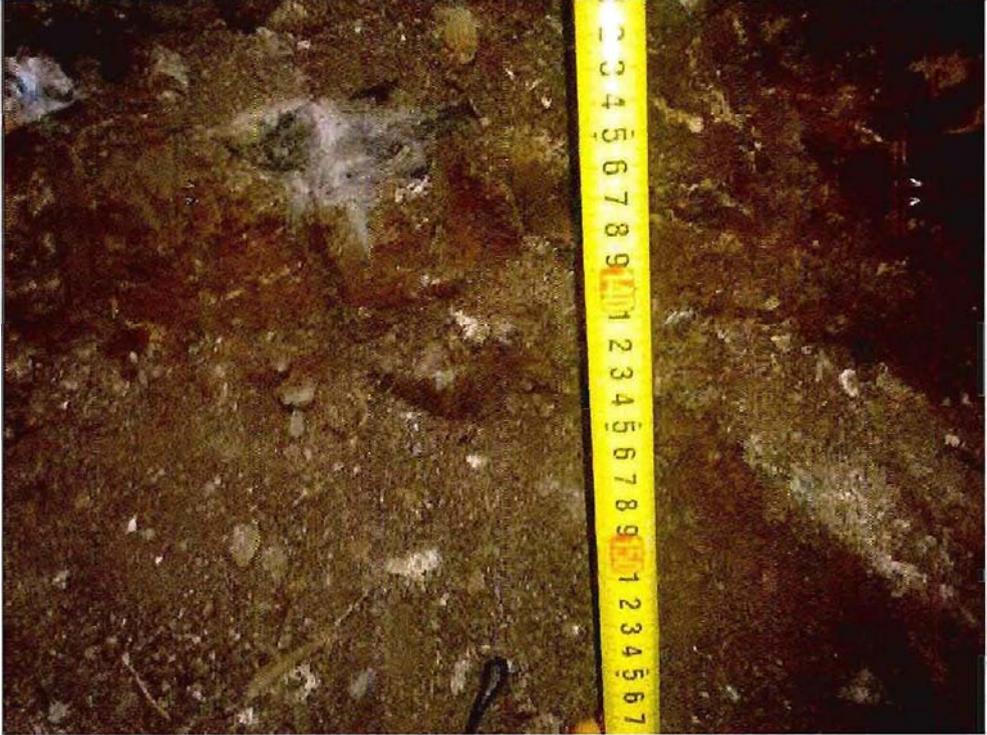


Pared Este









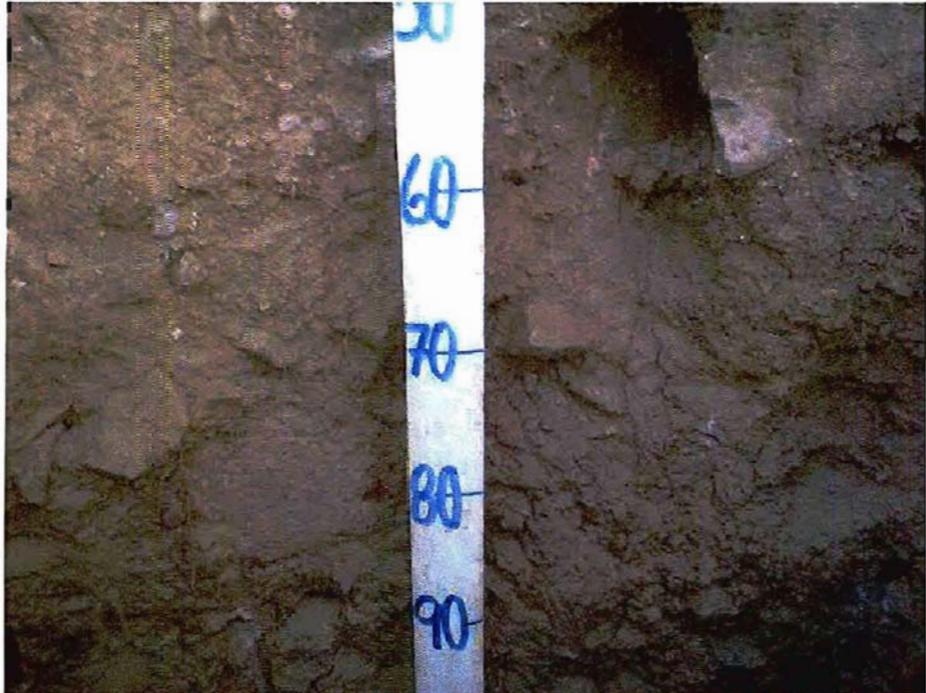


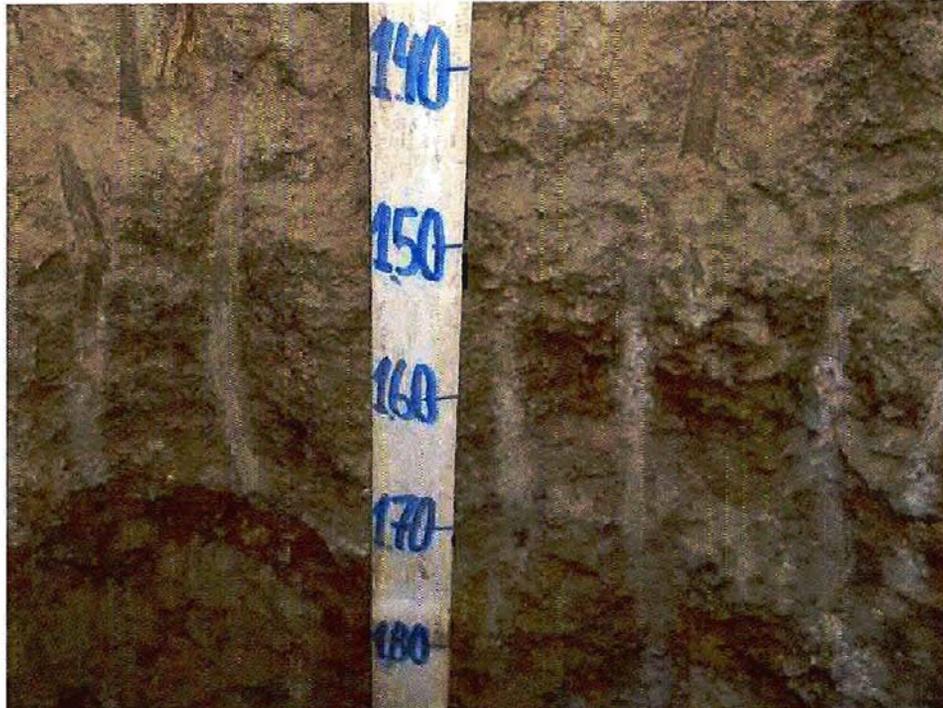
REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 15

Pared Norte



Proyecto Mejoramiento
CANAL BELLA VISTA 4^{ta} Región
LA SERENA
CB- 15
E: 0293751
N: 6684546
23/06/2014







Pared Este



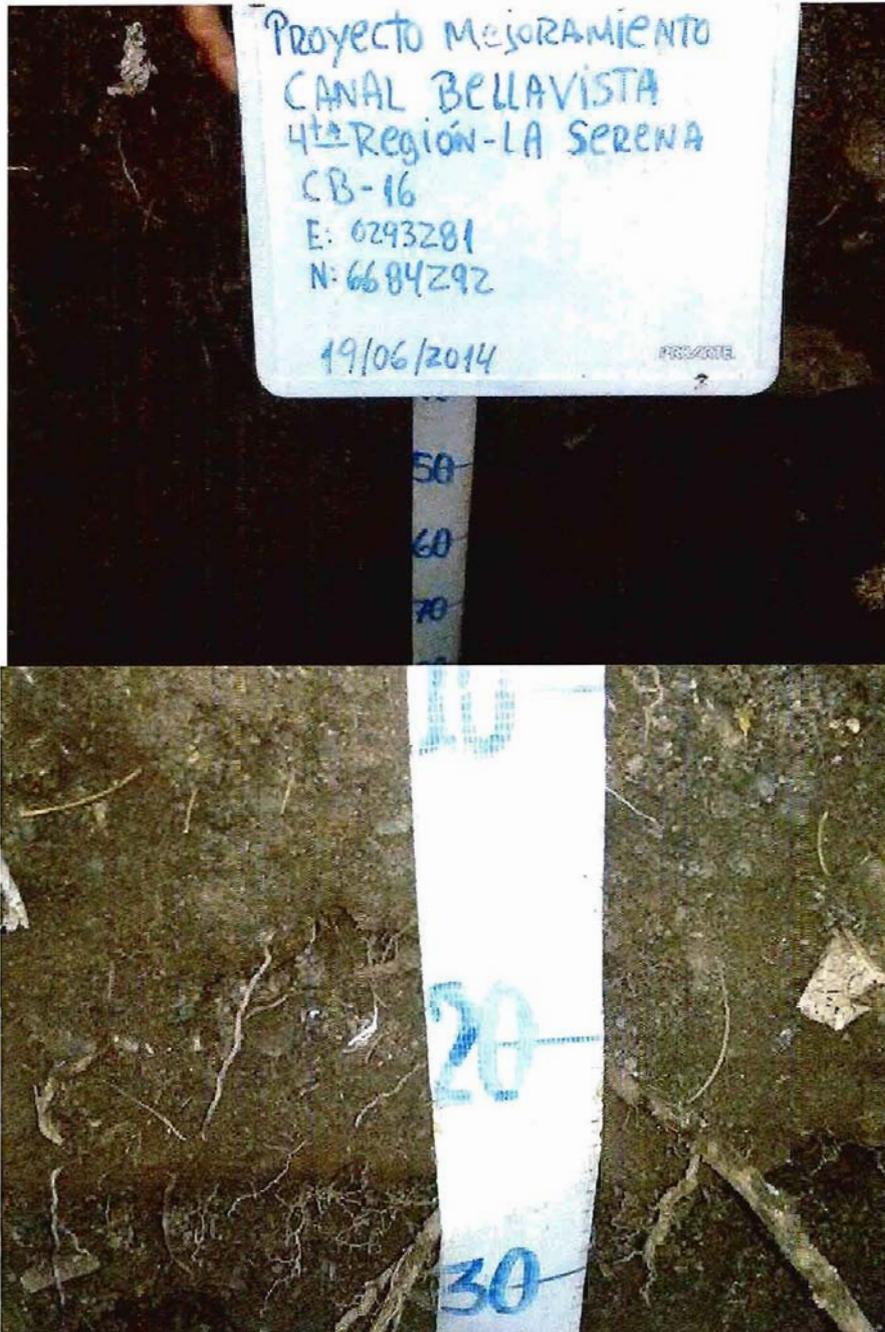






REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 16

Pared Norte







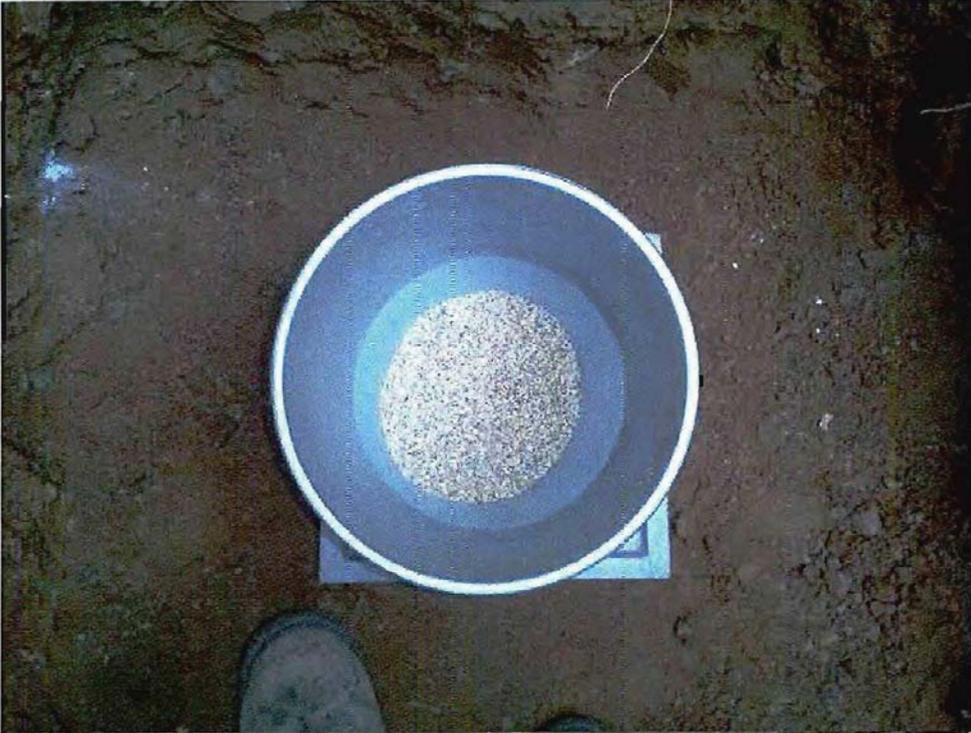
REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 18



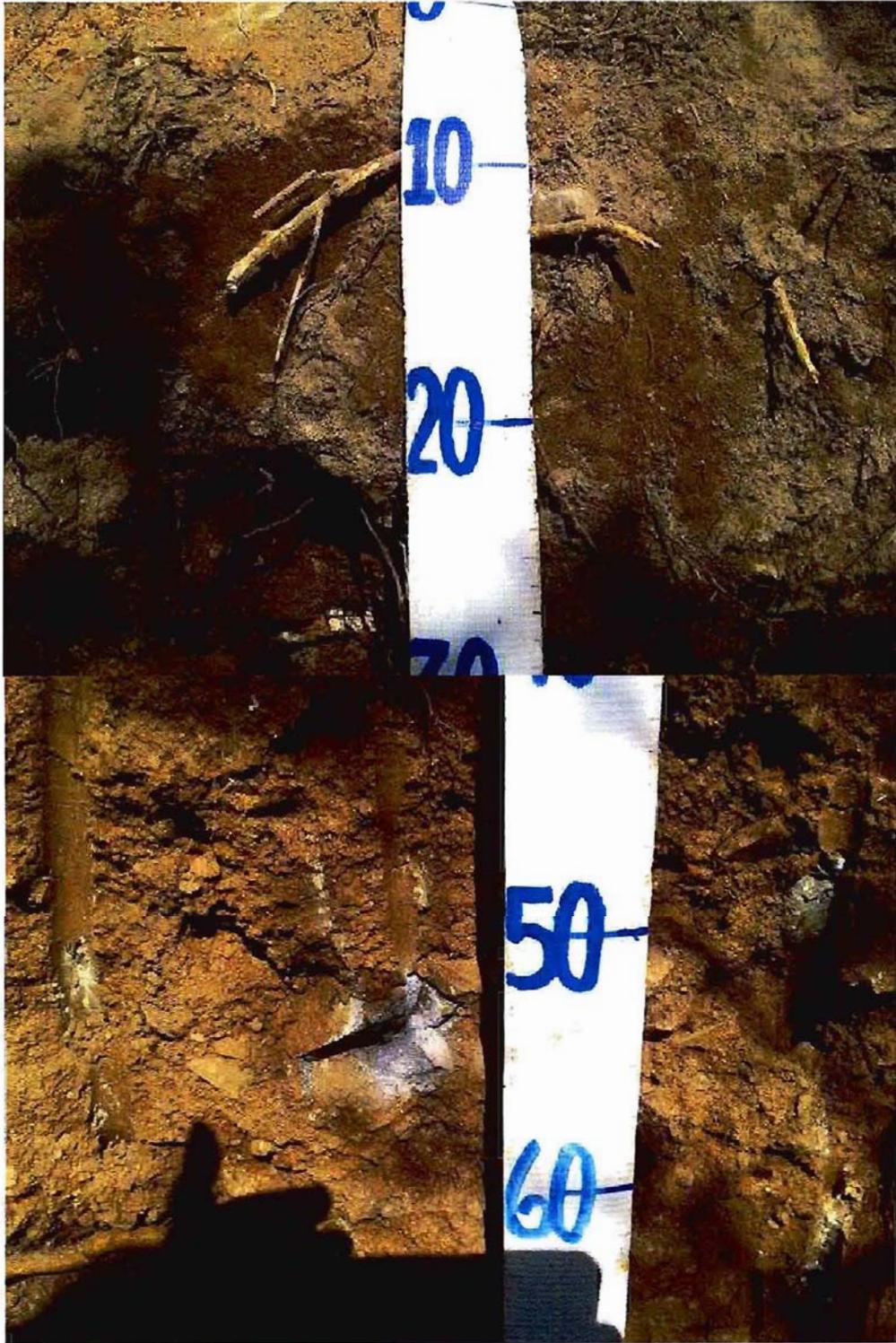
Ensayo de densidad

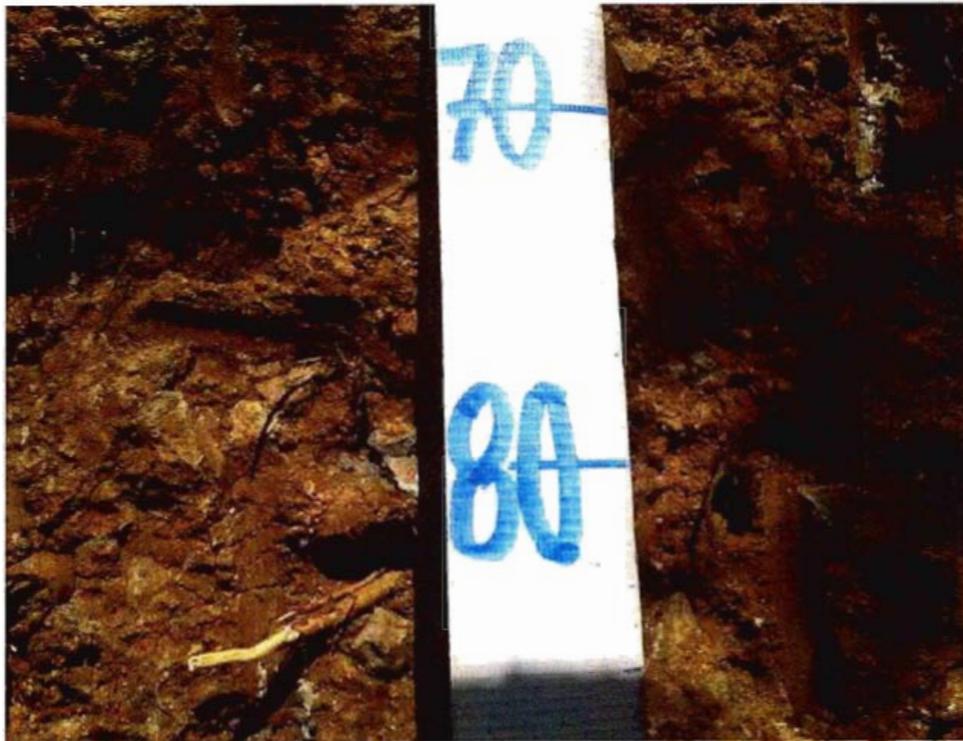


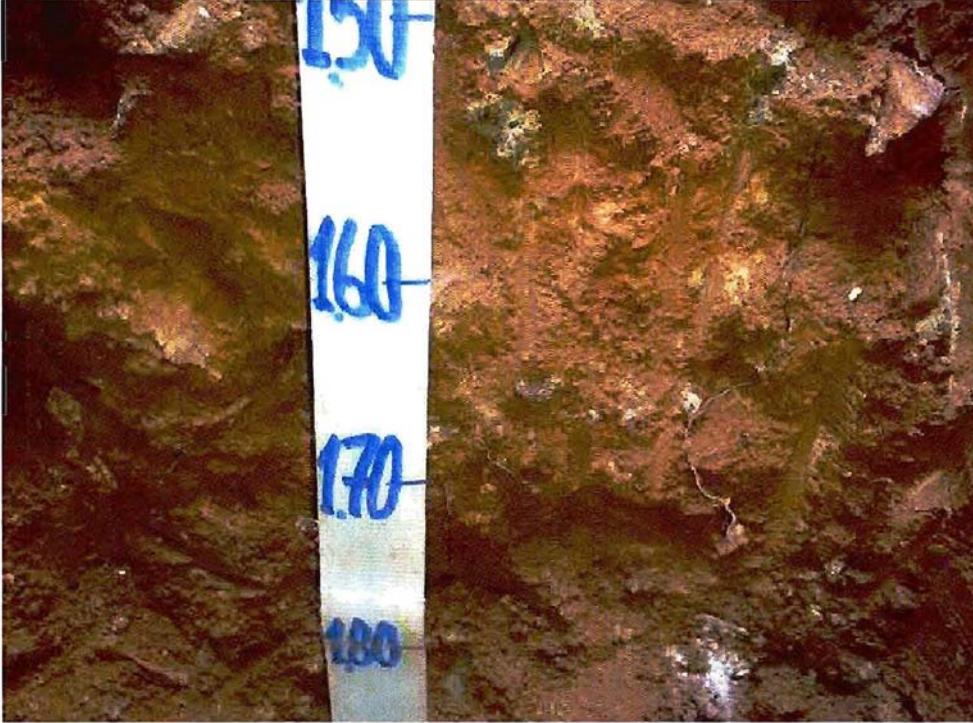


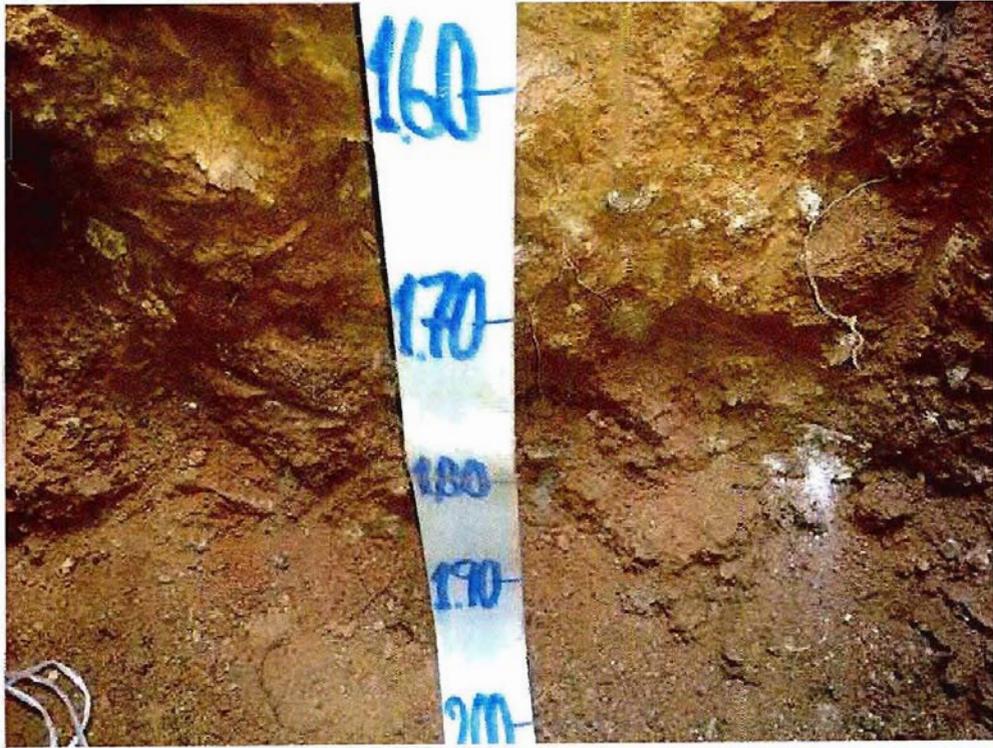


Pared Norte







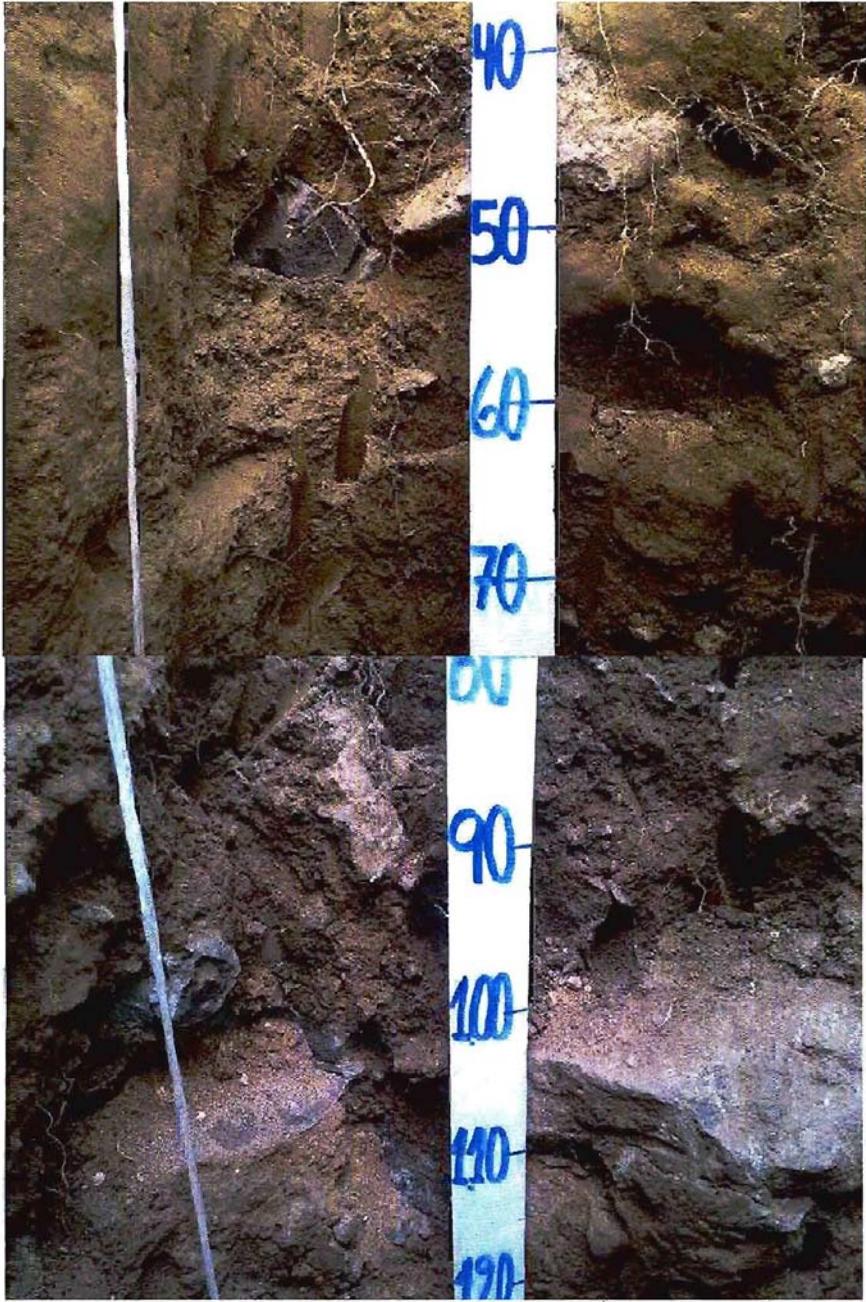


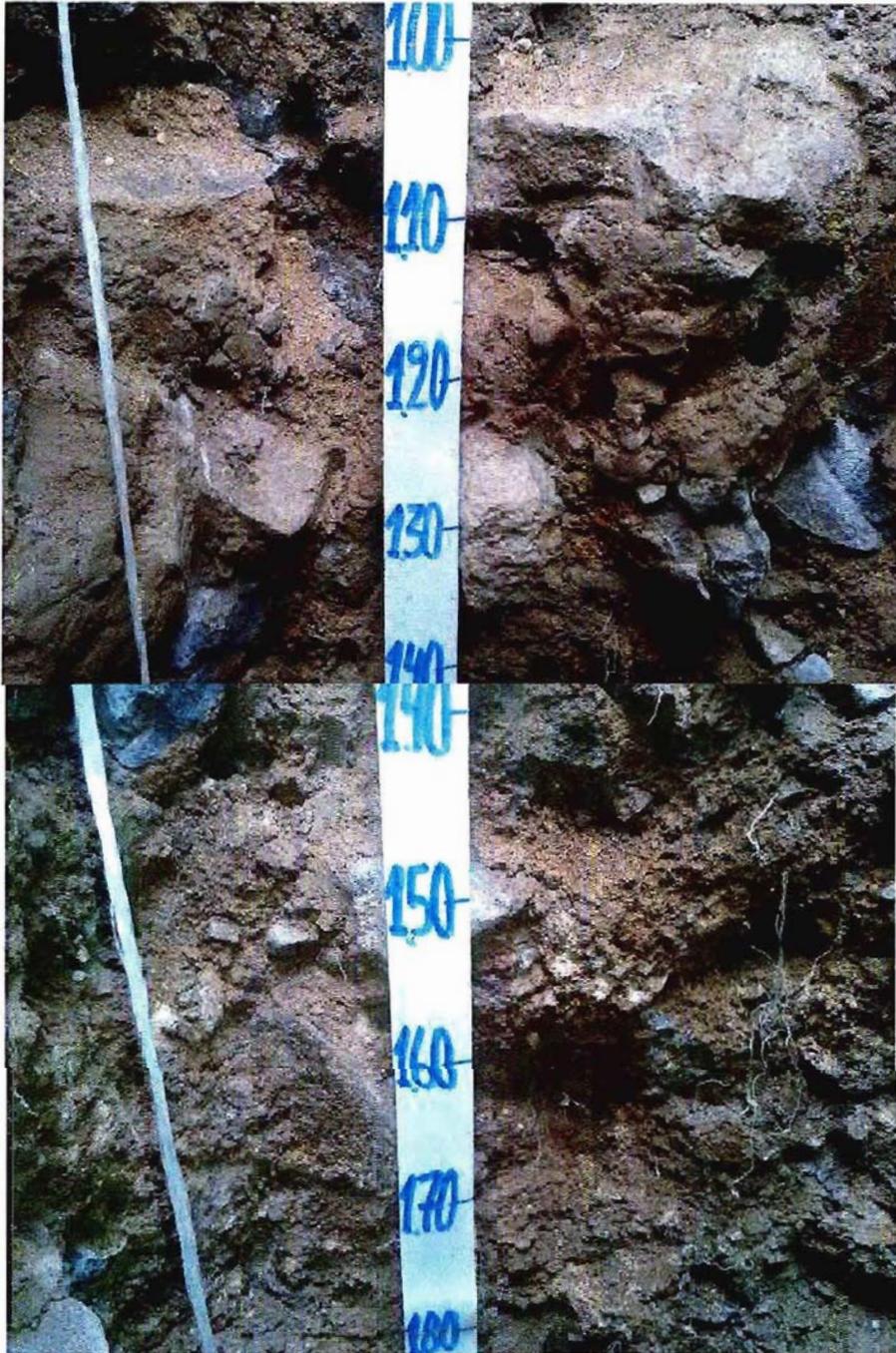
REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 19



Pared Norte





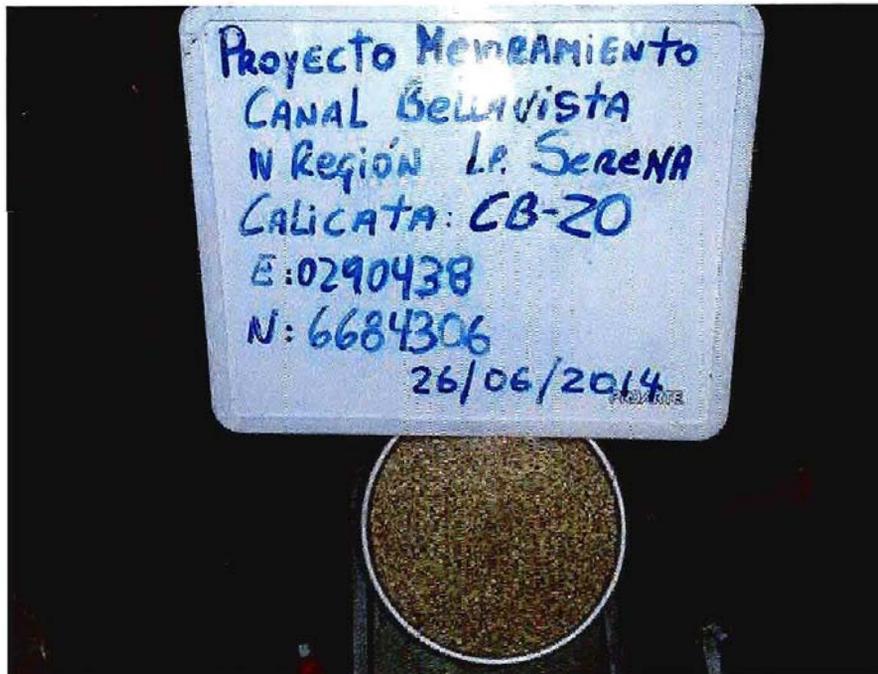




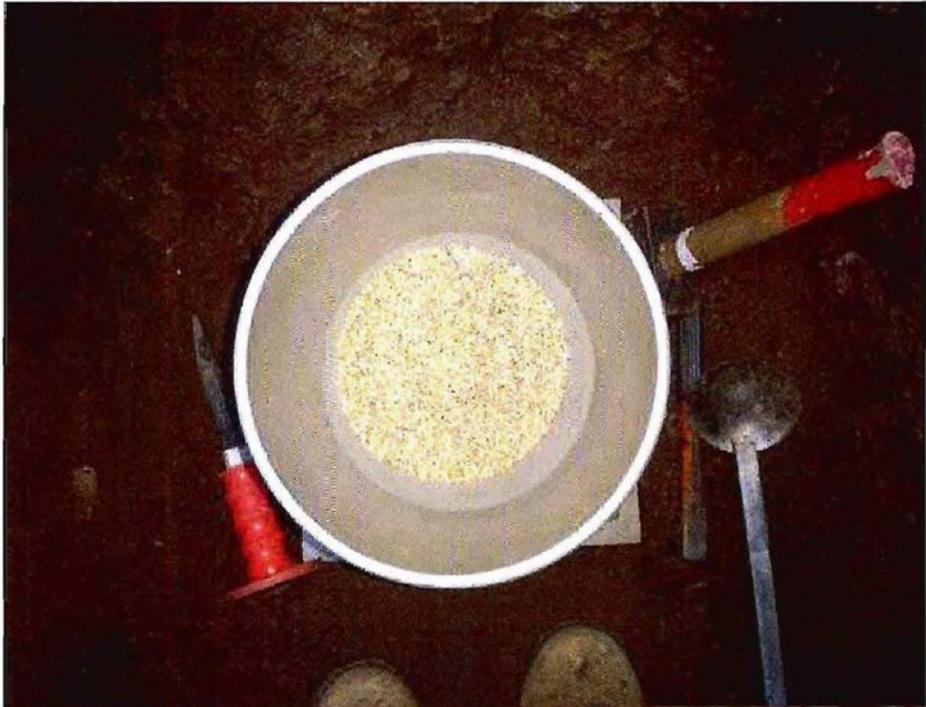
REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 20



Ensayo de densidad

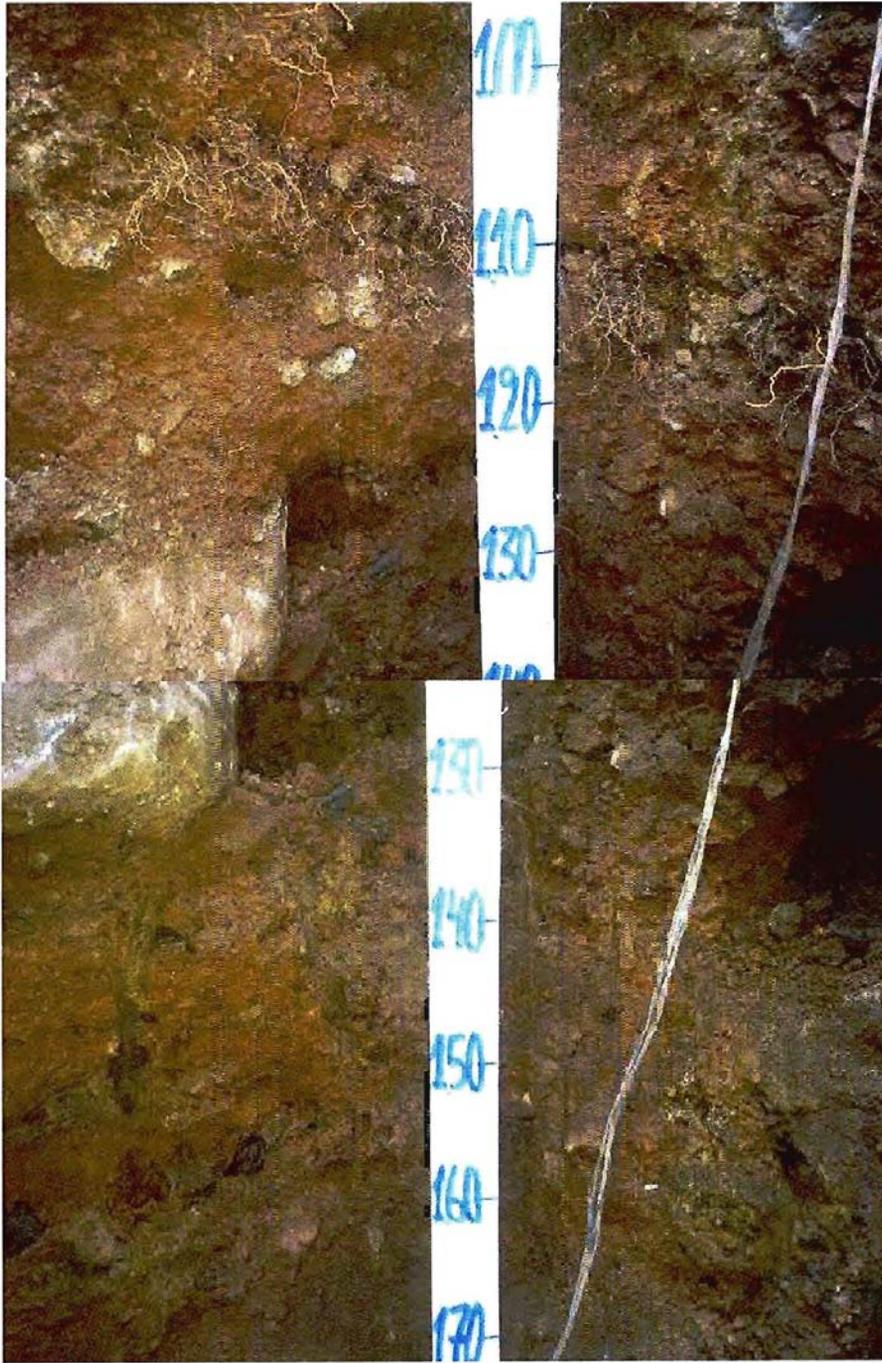


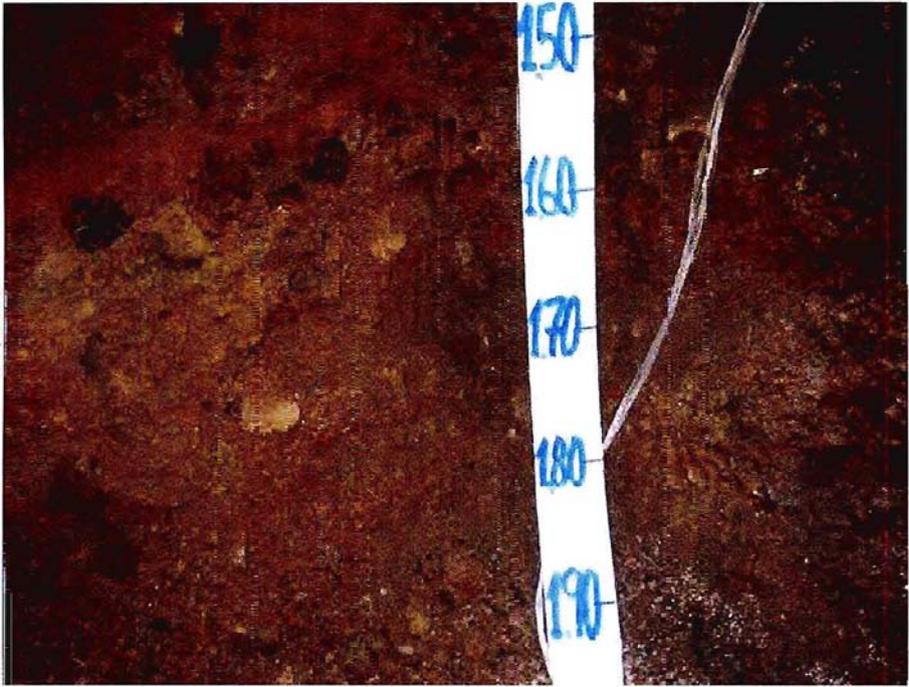




Pared Norte





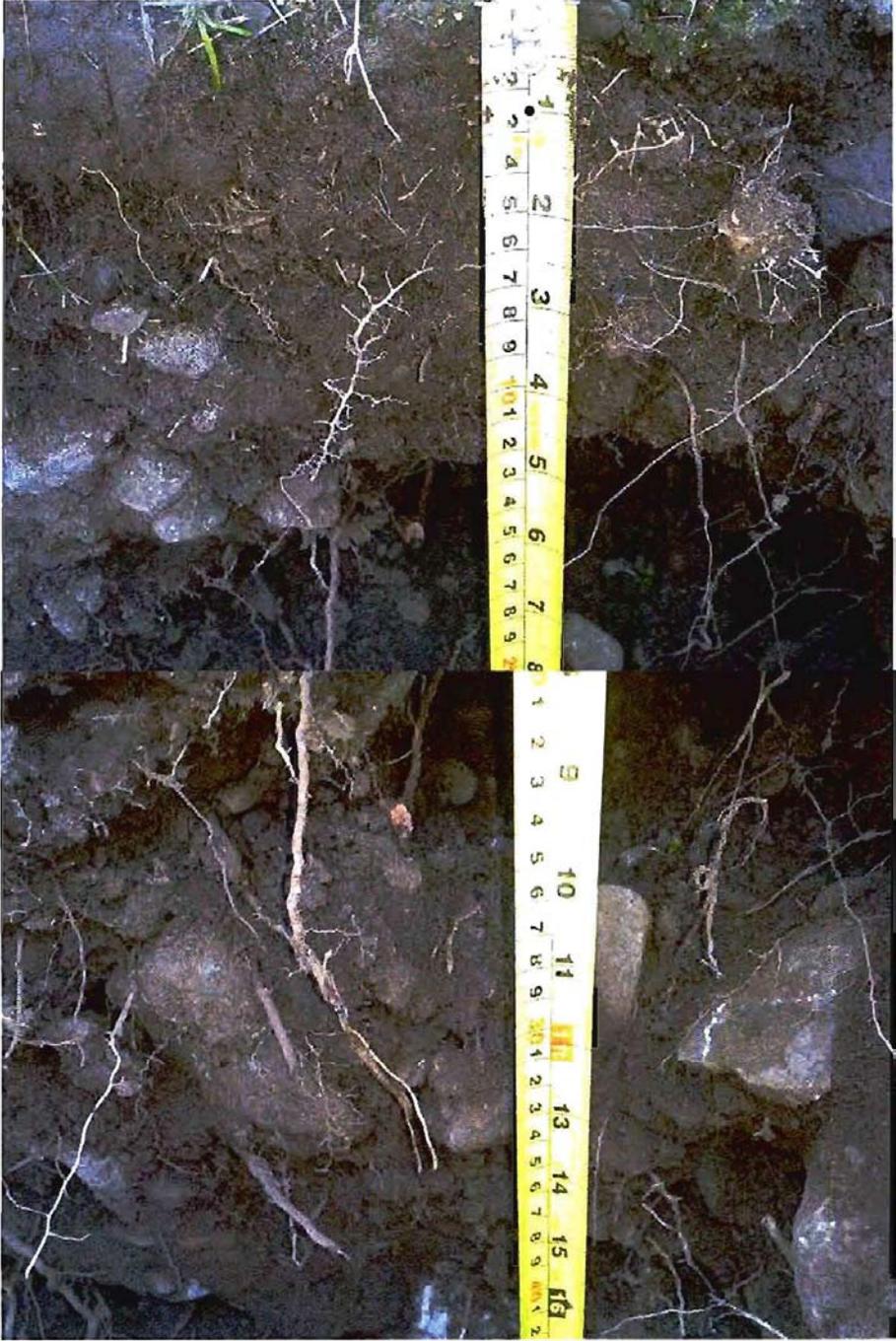


REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 21



Pared Norte







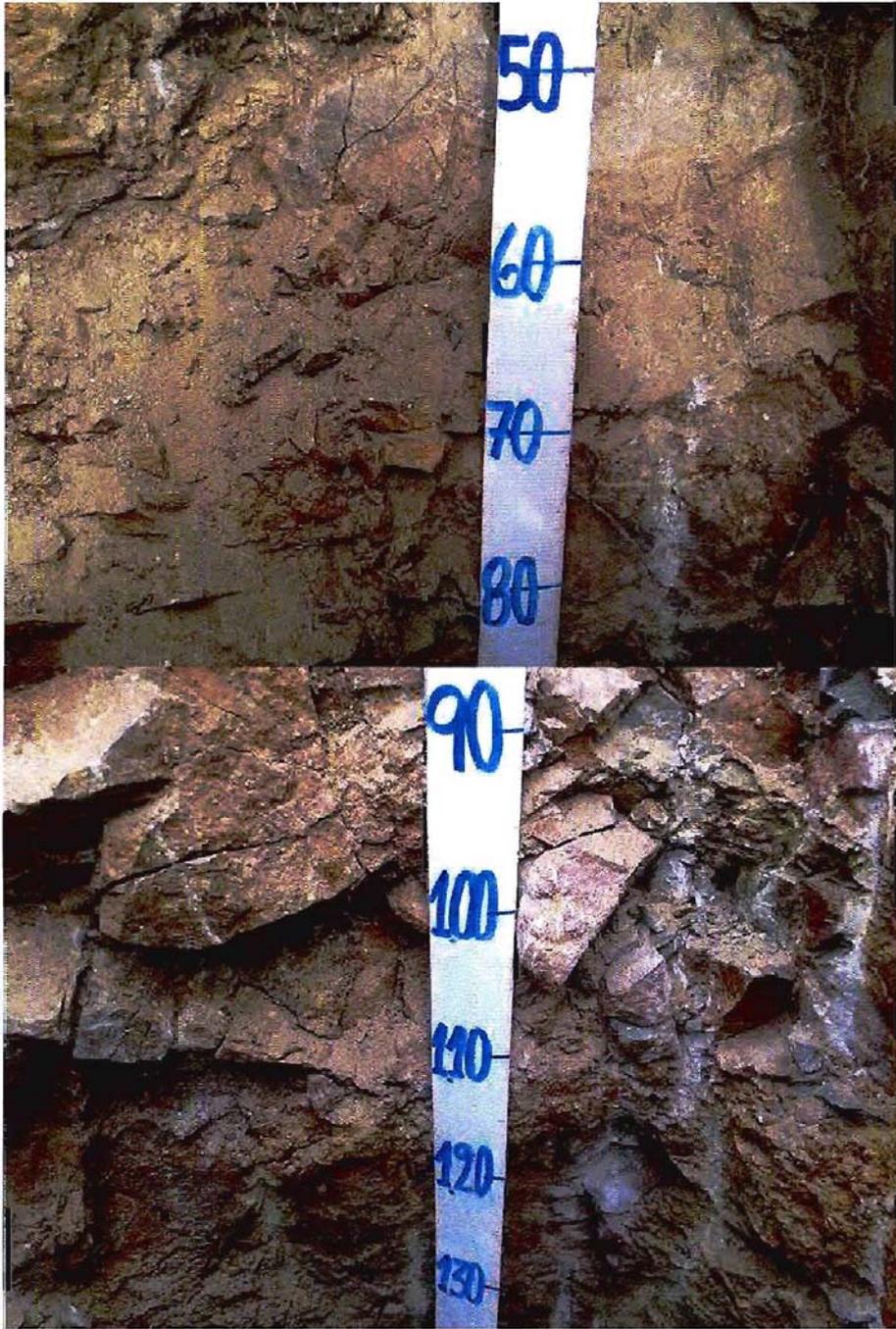


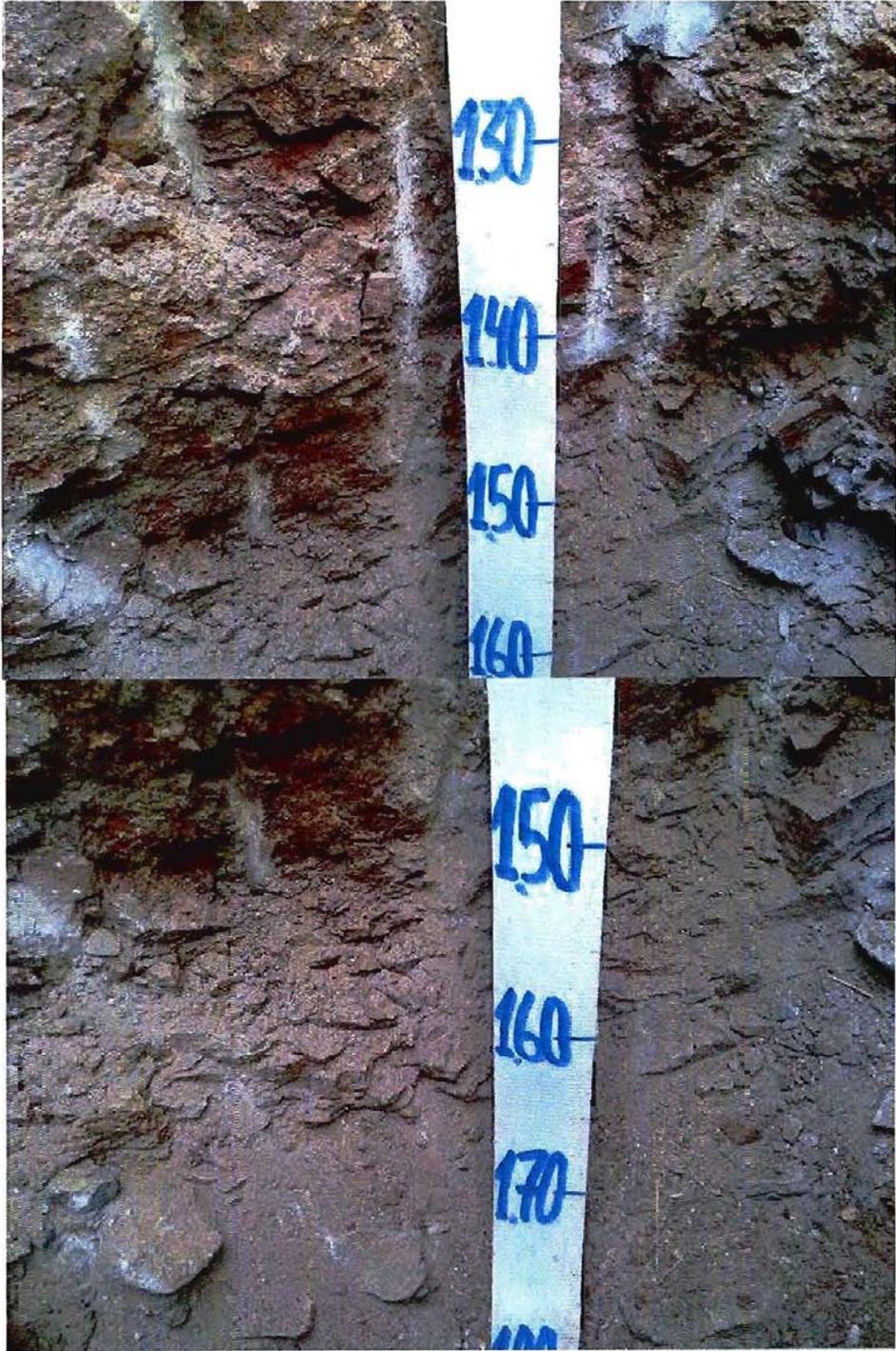
REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 22



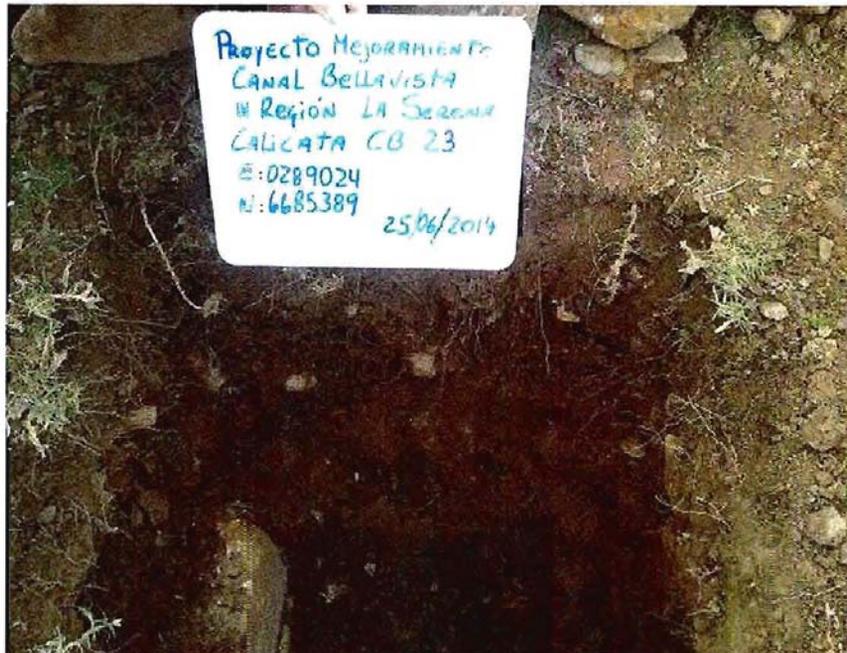
Pared Norte







REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 23



Pared Norte





REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 24



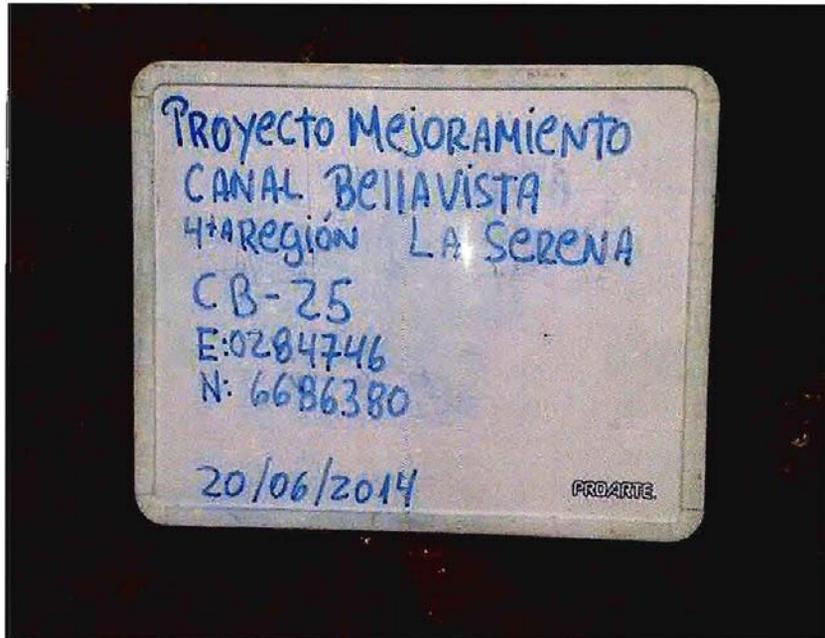
Pared Norte





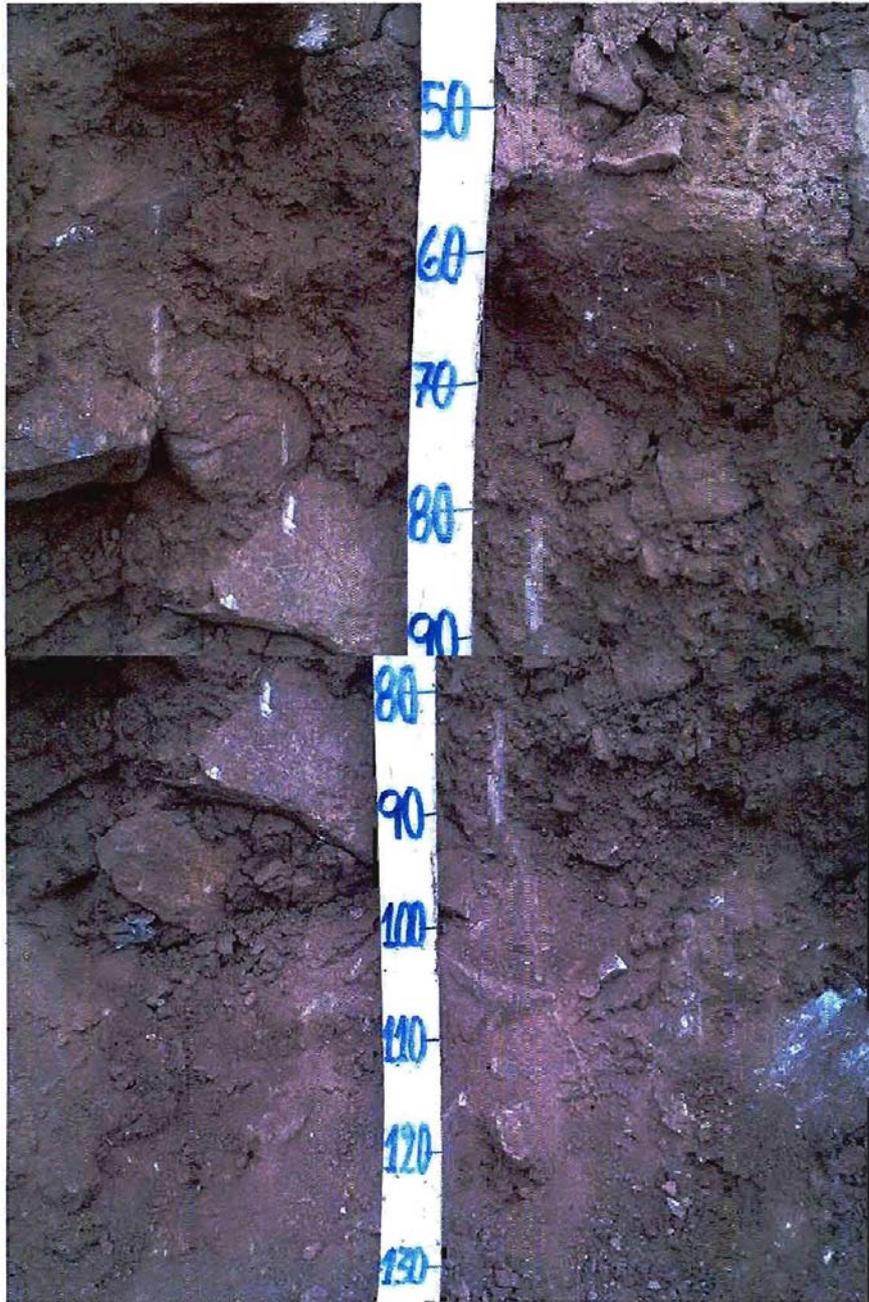


REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 25



Pared Norte







REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 26



Pared Norte

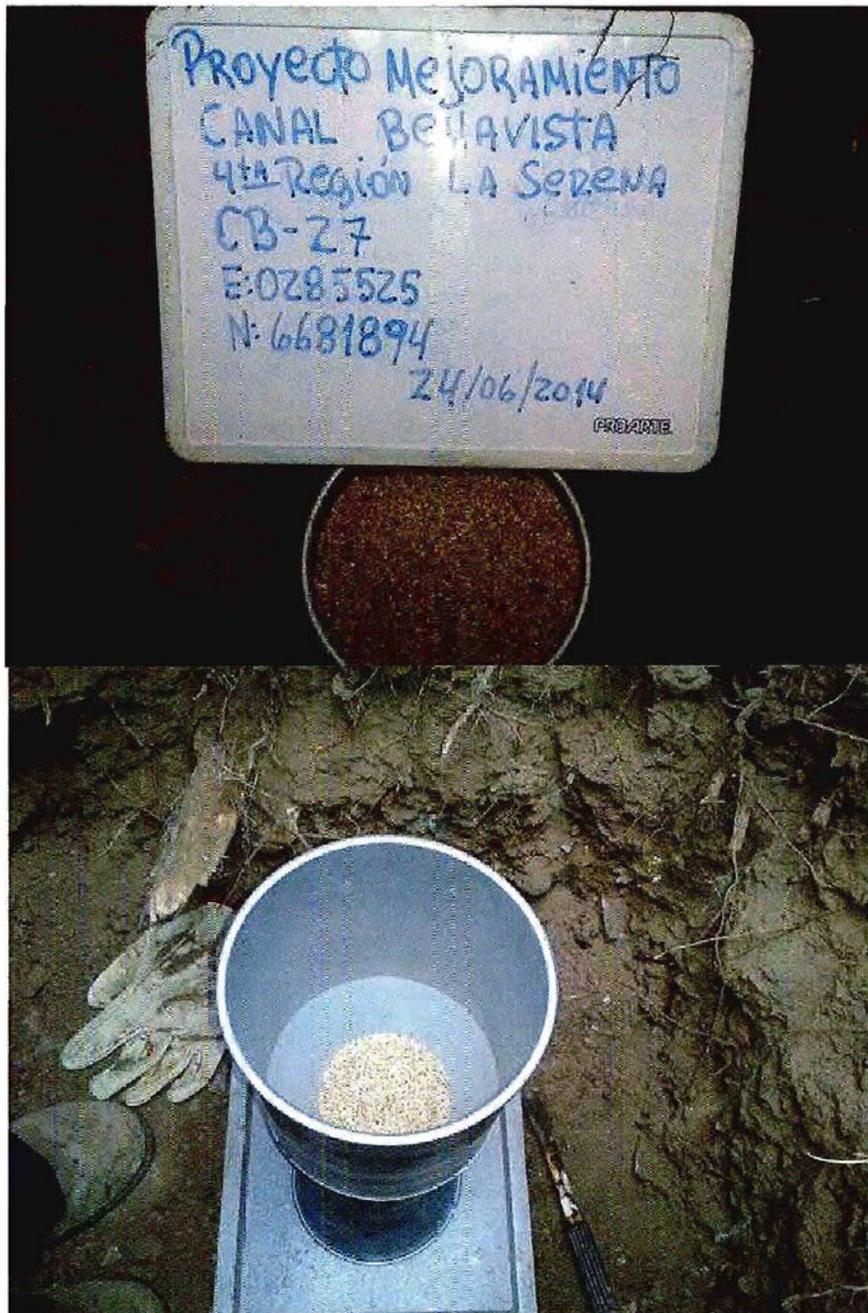






REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 27

Ensayo de densidad





Pared Norte

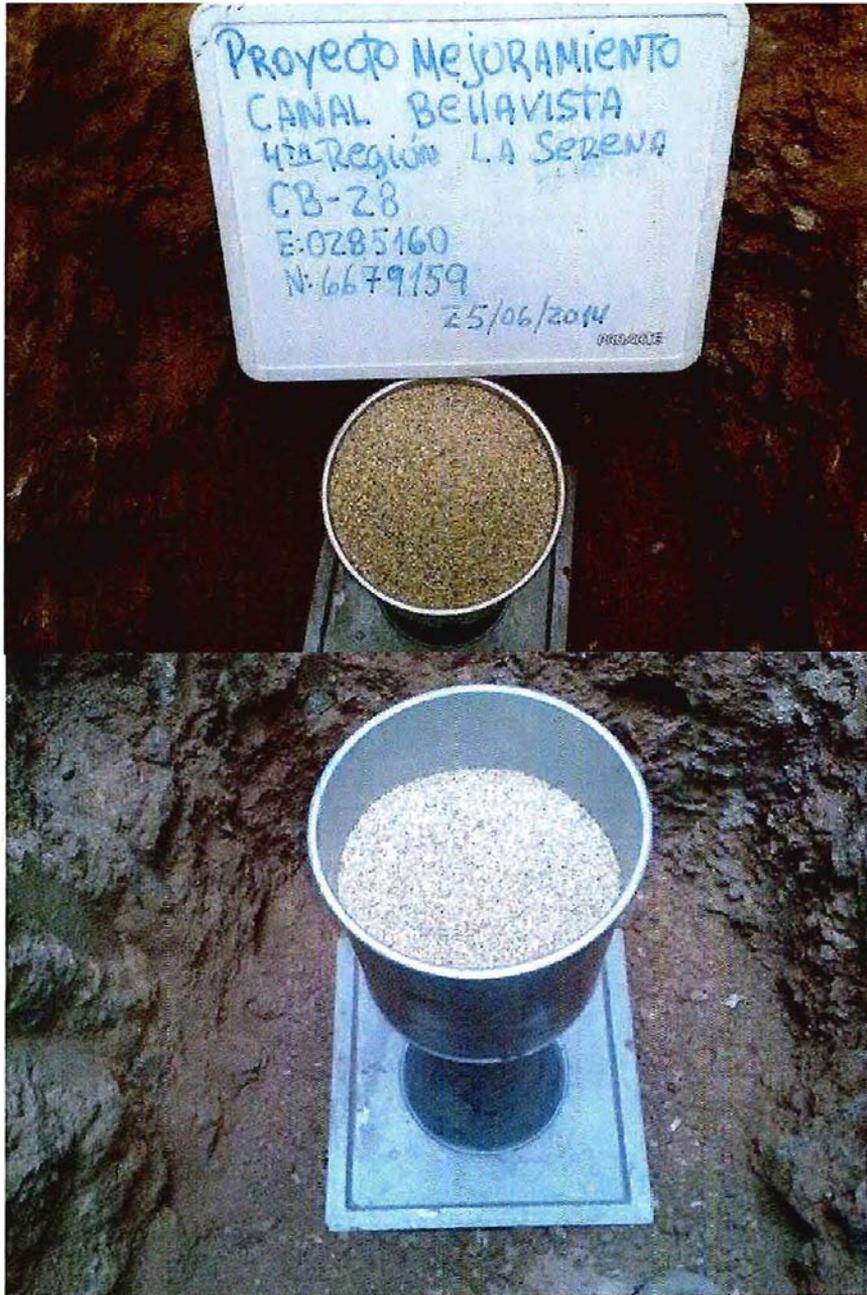






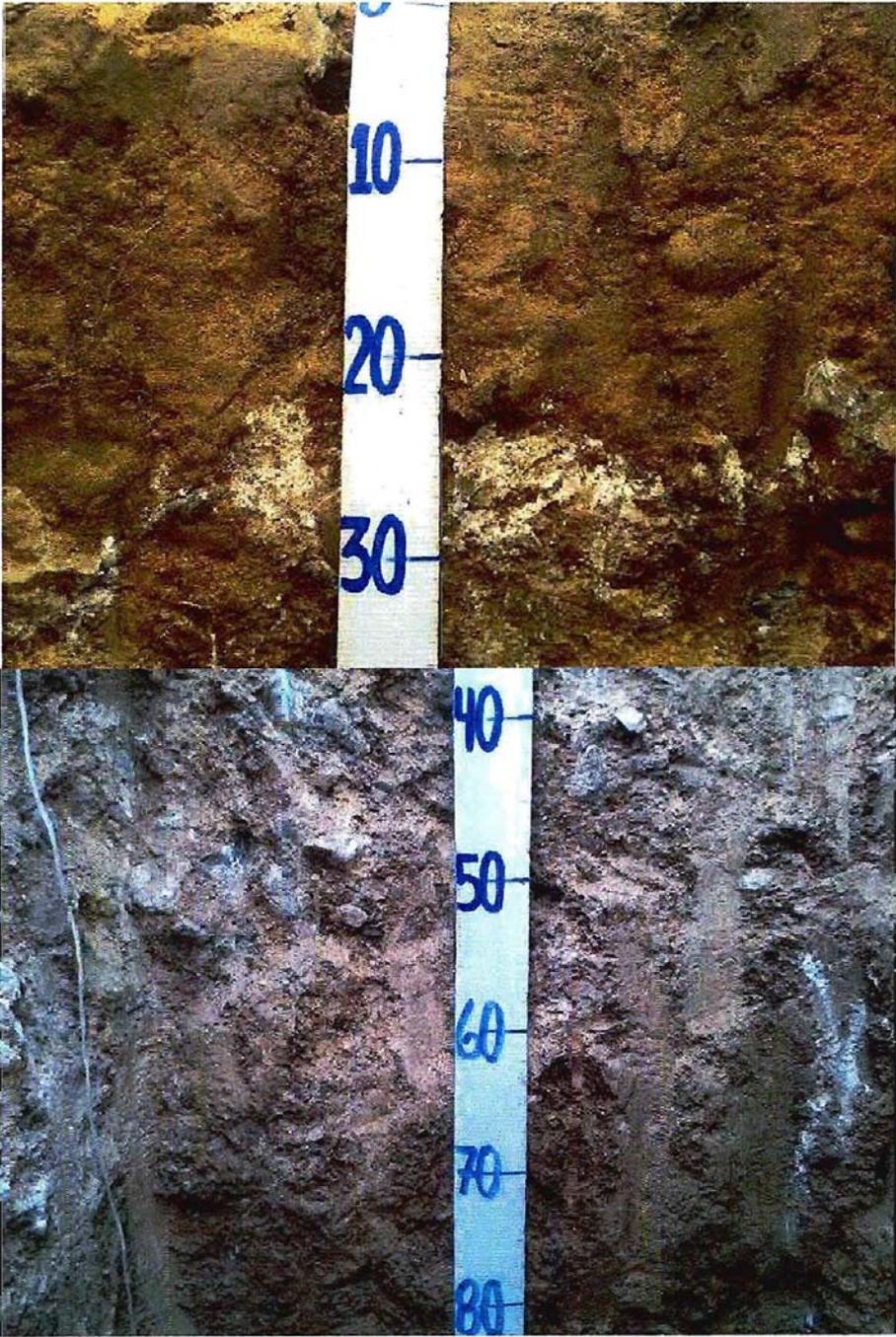
REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 28

Ensayo de densidad

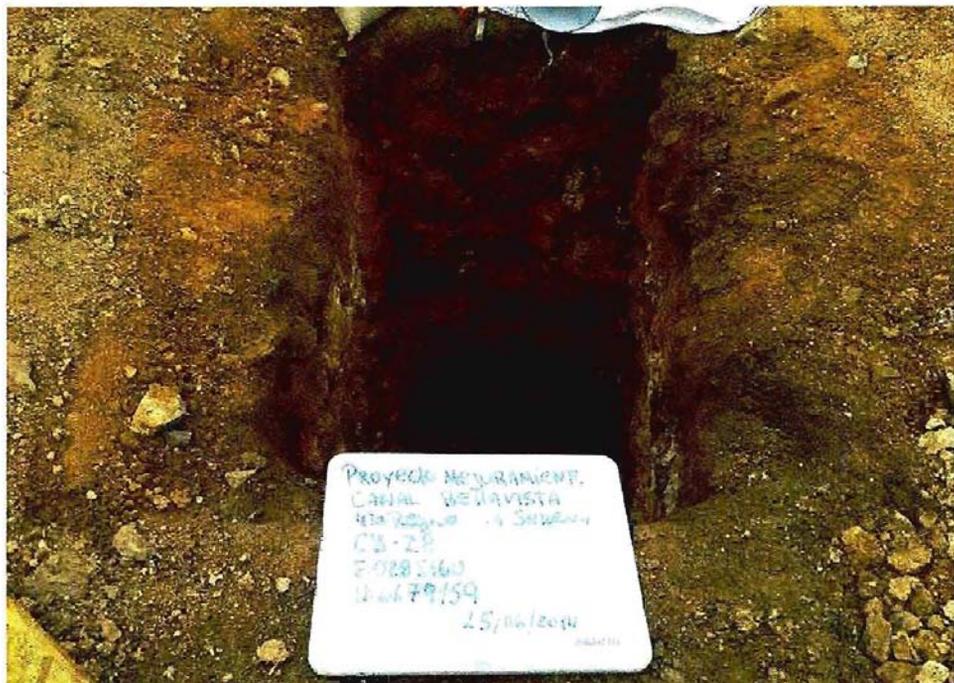
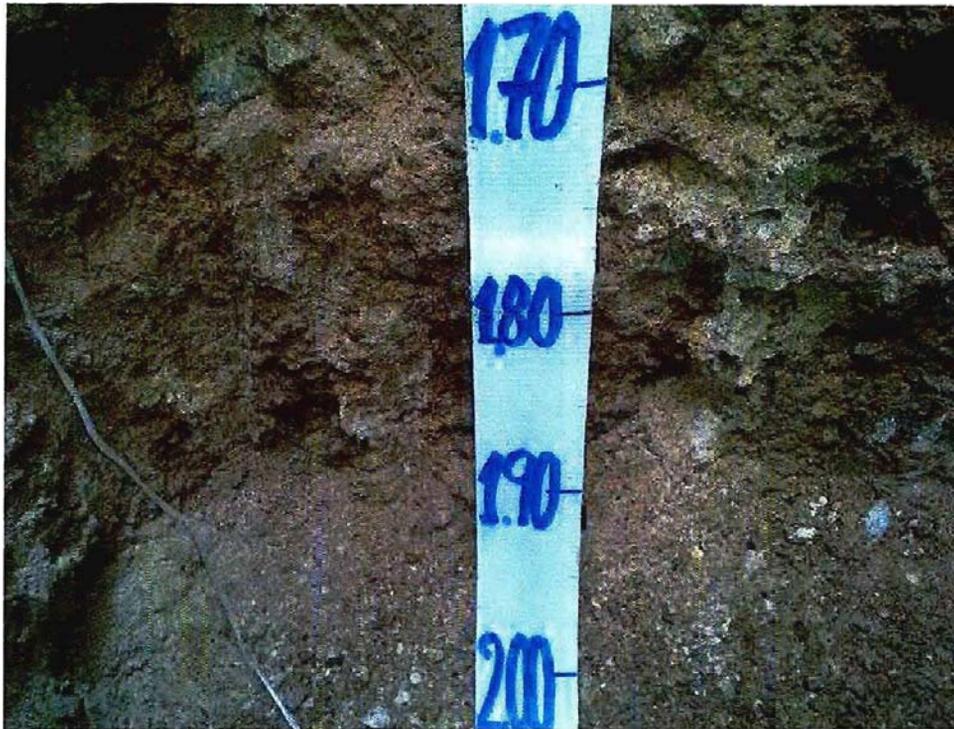




Pared Norte

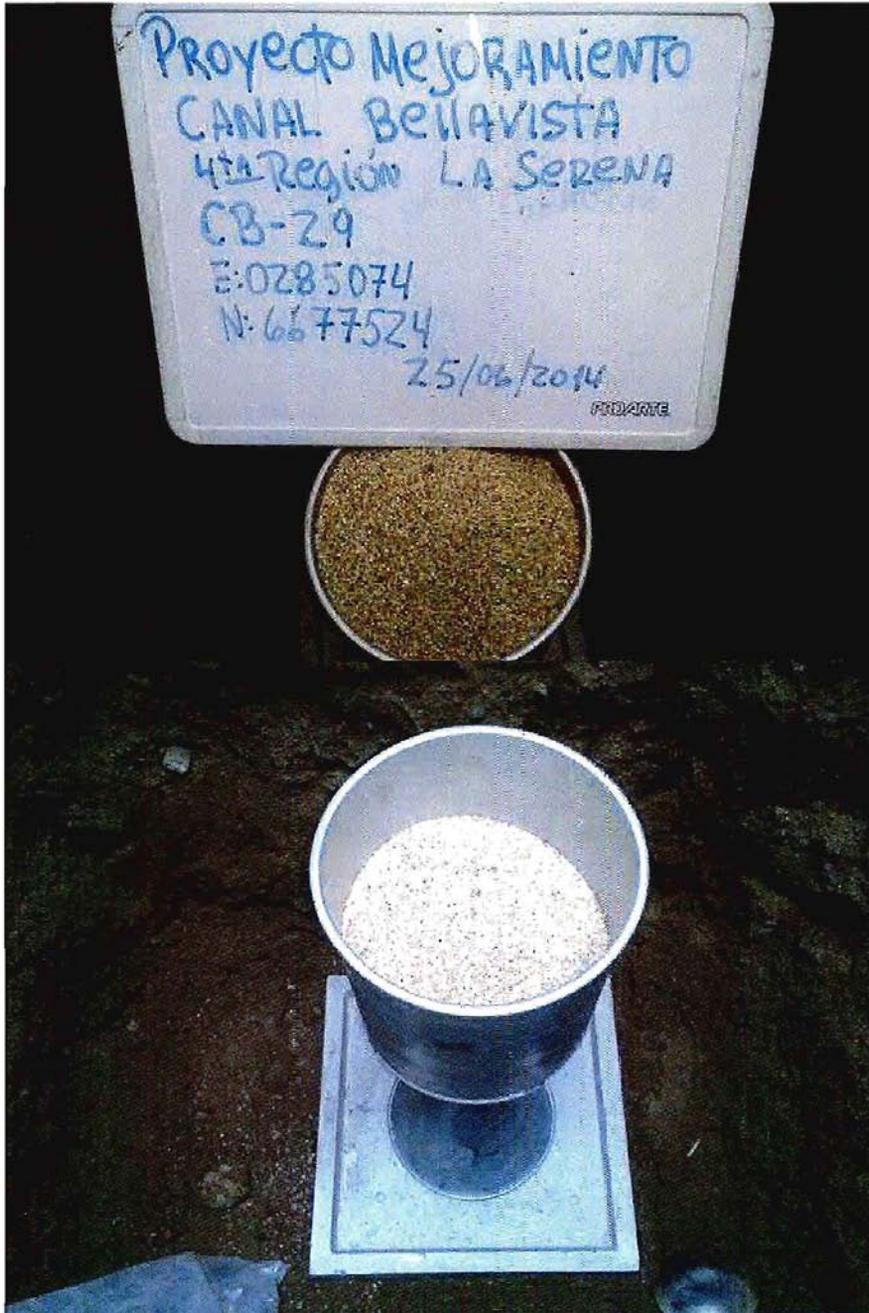


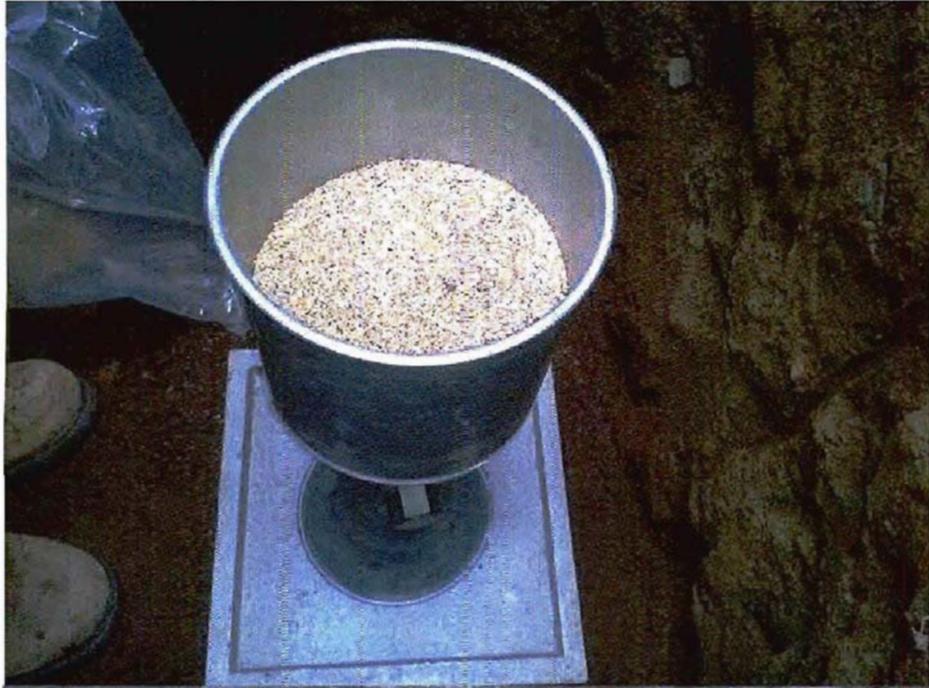




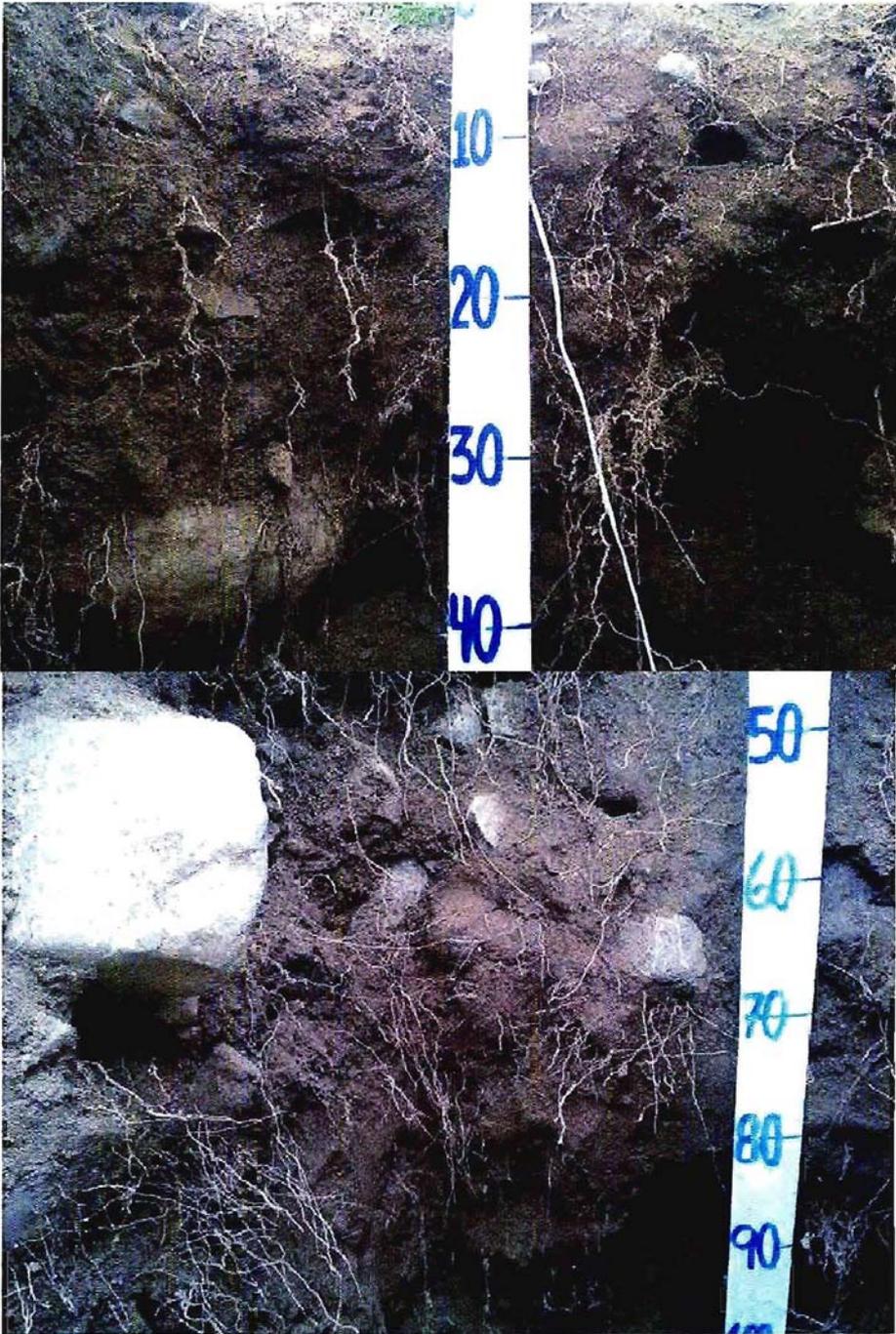
REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 29

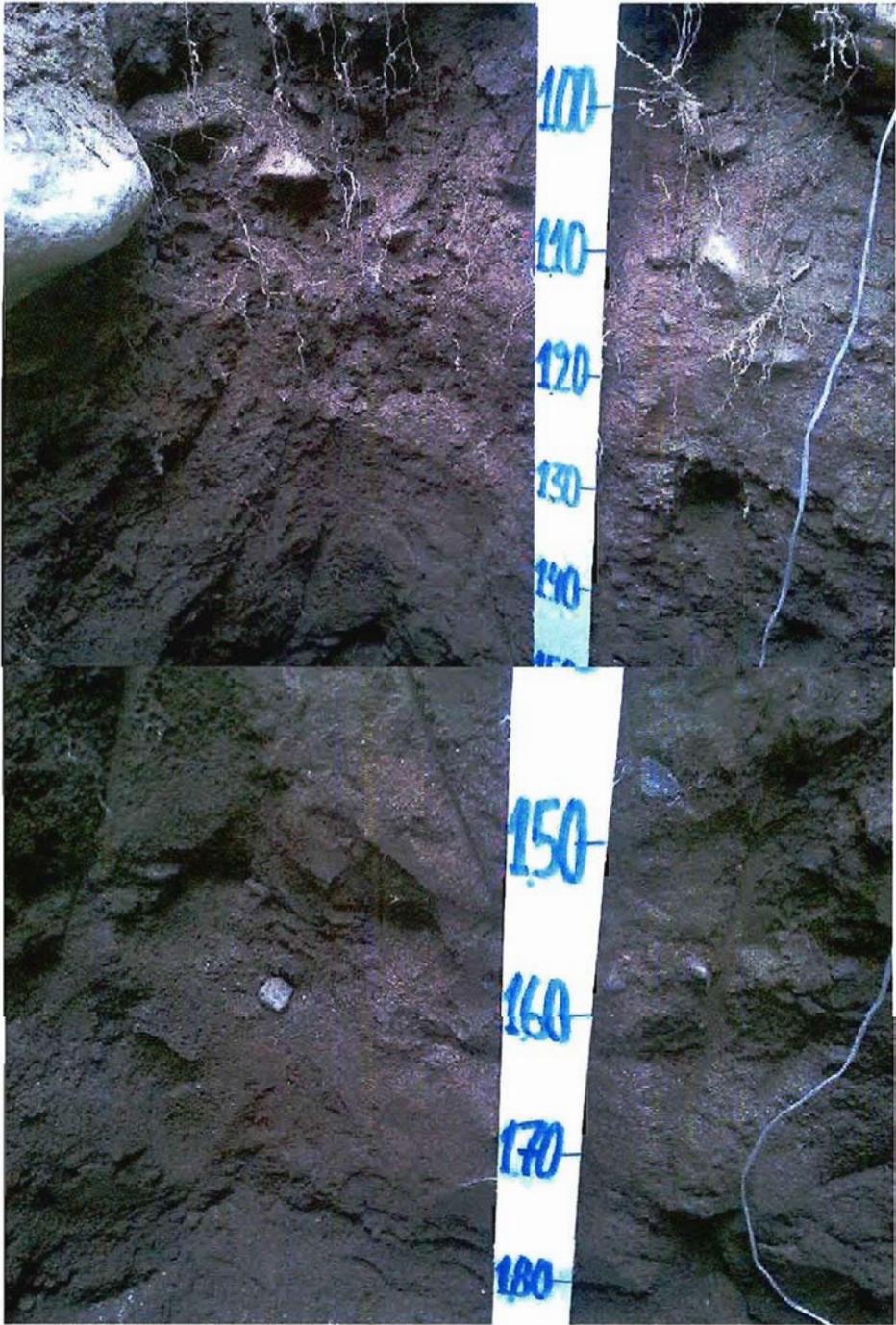
Ensayo de densidad





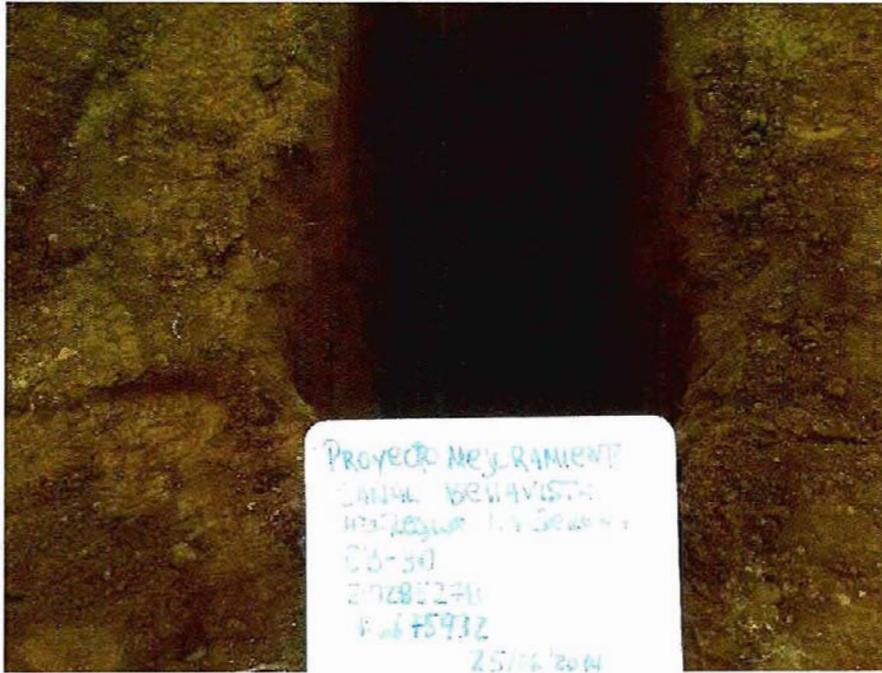
Pared Norte







REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 30

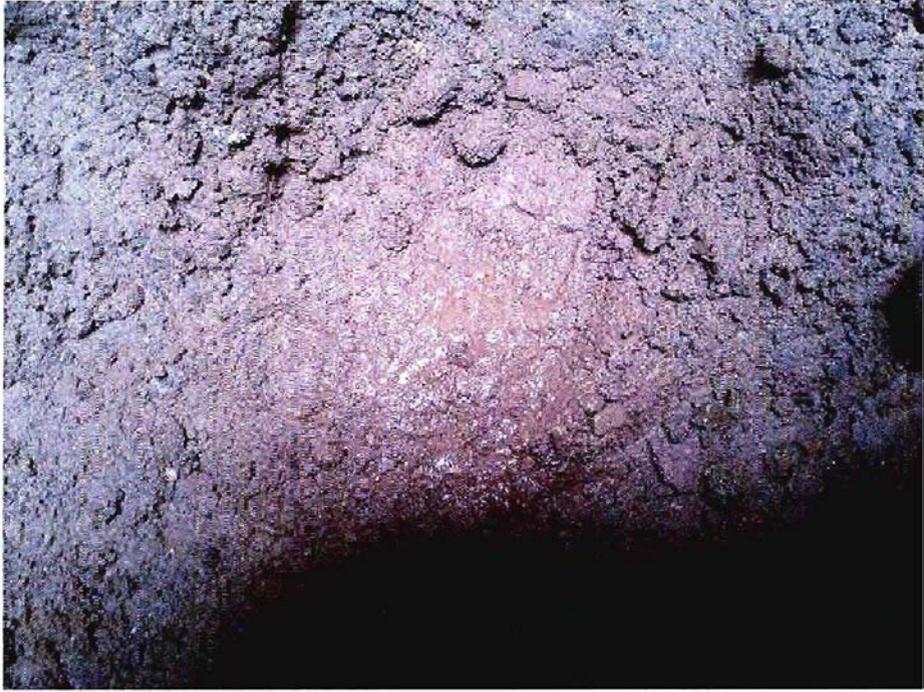


Pared Norte

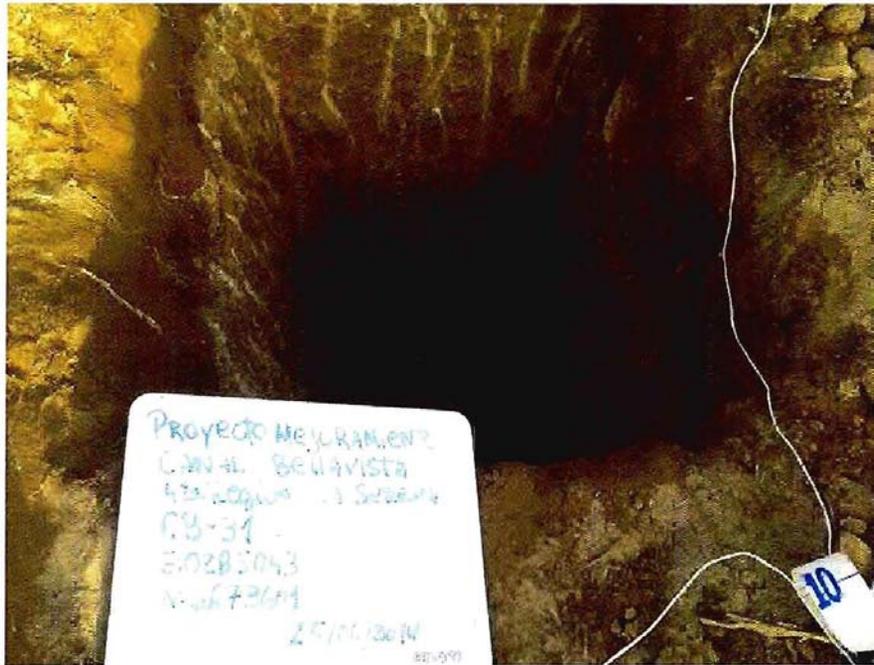




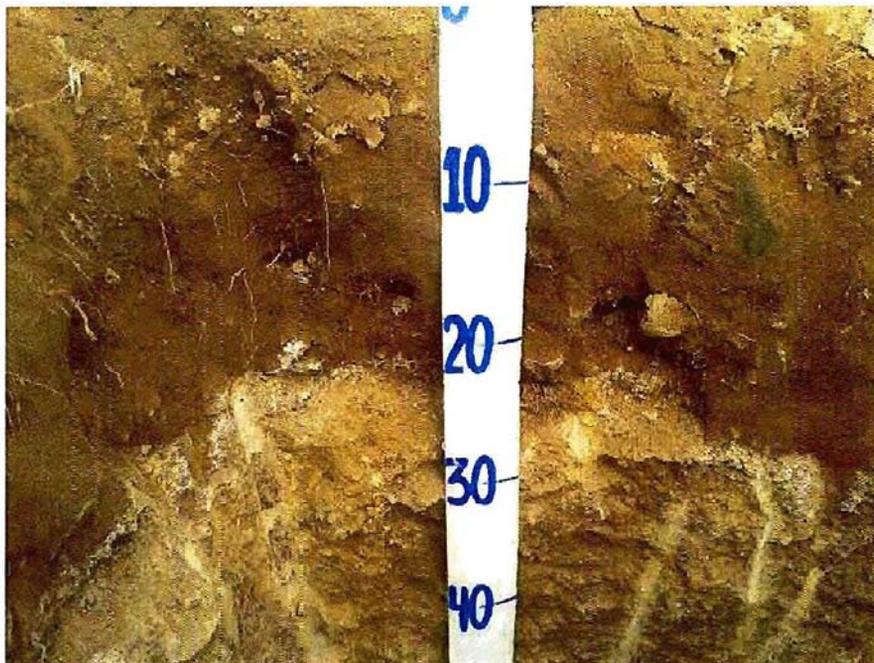


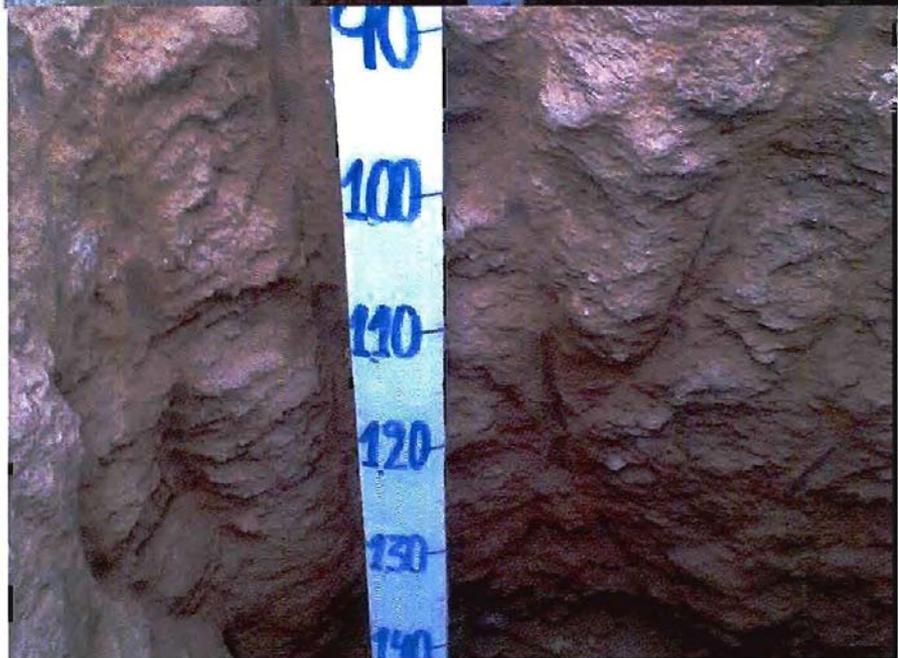


REGISTRO FOTOGRAFICO
CANAL BELLAVISTA
CALICATA 31



Pared Norte









**ANEXO C
GPS TUNELES (Digital)**

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

CANAL BELLAVISTA

Anexo 6

Santiago, mayo de 2015



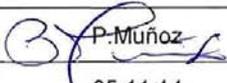
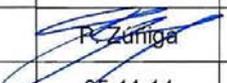
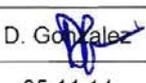
**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

**“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y
BUZETA”**

N° 4184-1000-IH-INF-001_D

ANEXO 6 CAMPAÑA DE AFOROS CANAL BELLAVISTA

***NOTA: Nueva codificación reemplaza al documento: 4184-1000-GA-INF-003**

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
B	Nombre Firma	P. Muñoz	P. Zúñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	14.07.14	14.07.14	14.07.14	
C	Nombre Firma	P. Muñoz	P. Zúñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	26.09.14	26.09.14	26.09.14	
D	Nombre Firma	 P. Muñoz	 P. Zúñiga	 D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	05.11.14	05.11.14	05.11.14	

“MEJORAMIENTO CANALES BELLAVISTA, VILLALÓN Y BUZETA”

ANEXO 6 CAMPAÑA DE AFOROS CANAL BELLAVISTA

ÍNDICE

1	CAMPAÑA DE AFOROS	4
1.1	OBJETIVOS	4
1.2	REVISIÓN DE ANTECEDENTES	4
1.3	DEFINICIÓN DE TRAMOS DE CADA CANAL	4
2	METODOLOGÍA	5
2.1	TIPO DE INSTRUMENTO.....	5
2.2	REALIZACIÓN DE LOS AFOROS	6
2.2.1	Cálculo de caudal y determinación de errores	6
2.2.2	Estimación de pérdidas	7
3	RESULTADOS	8
3.1	SECCIONES DE AFORO	8
3.2	RESUMEN DE RESULTADOS Y GRÁFICO DE PÉRDIDAS	9
3.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	12

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A	ANTECEDENTES - CAMPAÑA DE AFOROS 2013
ANEXO B	METODOLOGÍA DE AFOROS
ANEXO C	FICHAS SECCIONES DE AFORO
ANEXO D	FIGURAS DE UBICACIÓN SECCIONES DE AFORO

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1-1.	Secciones de Aforo en canal Bellavista	5
Tabla 2-1:	Cálculo de velocidad media en la subsección i	6
Tabla 3-1.	Secciones de aforos y caudales medidos	8
Tabla 3-2.	Resumen de resultados aforos en el canal Bellavista	9

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1: Gráfico de caudales medidos y pérdidas unitarias de caudal en el canal Bellavista	10
Figura 3-2: Pérdidas unitarias de caudal por kilómetro en el canal Bellavista	11
Figura 3-3: Gráfico de pérdida acumulada en función del kilometraje	12
Figura 3-4: Sector km 0,0 – km 8,1	13
Figura 3-5: Sector km 8,1 – km 11,6	13
Figura 3-6: Sector km 32,8 – km 35,2	14
Figura 3-7: Sector km 52,2 – km 54,2	14
Figura 3-8: Gráfico comparativo Campaña de aforos 2014 y Campaña de aforos 2012	16

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3-1: Sección de aforo km 56,7	15
--	----

1 CAMPAÑA DE AFOROS

1.1 OBJETIVOS

El presente documento contiene los antecedentes, criterios, descripción de la metodología y resultados obtenidos a través de la ejecución de una campaña de aforos en el canal Bellavista, que tuvo por objetivo determinar las pérdidas de agua por infiltración, generando información útil para la toma de decisiones de las obras de mejoramiento del canal.

La campaña de aforos se ejecutó en el mes de Junio del 2014, la cual se vio interrumpida por el evento de lluvia del 11 de junio, donde precipitaron 50 mm de agua, generando aportes de caudal en el canal. La campaña fue finalizada en Julio de 2014.

1.2 REVISIÓN DE ANTECEDENTES

Previo a la definición de las secciones de aforo se revisaron los siguientes antecedentes:

- Catastro de obras realizado en la Etapa I de este estudio, donde se identifican los revestimientos del canal y el tipo de obras a lo largo de éste. En particular, se revisó el registro de filtraciones en obras y datos específicos como el ancho del canal.
- Estudio de Evaluación de pérdidas a lo largo del canal Bellavista, desarrollado por la Administradora del río Elqui en el año 2012 y 2013 que se adjunta en el Anexo 6.1 de este informe.

1.3 DEFINICIÓN DE TRAMOS DE CADA CANAL

En consideración a los criterios estipulados en las Bases del estudio, se establecieron secciones de aforos cada 2 km, tramos que han sido ajustados según los siguientes aspectos:

- Se escogieron secciones de características uniformes, principalmente aquellas donde se ubican las estructuras de aforo existentes, puentes y compuertas de descarga, donde la sección del canal es regular, revestida en hormigón y con menor presencia de vegetación.
- El tramo del canal a aforar se consideró recto en una longitud de 3 veces el ancho de escurrimiento, aguas arriba y aguas abajo del punto de aforo, y con pendiente de fondo constante.
- Los aspectos de facilidad de acceso debido a la cantidad de equipos que se deben transportar para acondicionar la sección de aforo.
- Debido a que la administración del canal imposibilitó el cierre de las compuertas de riego durante las campañas de aforo, se consideró que a partir del km 35 los tramos

medidos sean entre compuertas y los resultados de estos caudales se extrapolan a tramos contiguos.

Con estos aspectos se definieron 22 tramos para la ejecución de series de aforos en el canal Bellavista, que se indican en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Secciones de Aforo en canal Bellavista

Secciones de aforo (km*)		Longitud tramo aforado (km)
Inicial	Cierre	
0,1	1,8	1,7
1,8	3,9	2,1
3,9	6,3	2,4
6,3	8,1	1,8
8,1	12,4	4,3
12,4	14,5	2,1
14,5	15,5	1,0
15,5	17,5	2,0
17,5	19,8	2,3
19,8	22,6	2,8
22,6	25,0	2,4
25,0	27,1	2,1
27,1	30,5	3,4
30,5	31,7	1,2
31,7	32,9	1,2
32,9	35,1	2,2
35,1	36,8	1,7
41,7	45,2	3,5
47,0	48,5	1,5
49,2	50,8	1,6
52,2	54,2	2,0
55,9	56,7	0,8
Promedio		2,1

*Km referencial medido desde la compuerta de inicio

Celdas en gris corresponden a tramos de aforos medidos entre compuertas, producto que estaban operativas

2 METODOLOGÍA

2.1 TIPO DE INSTRUMENTO

La campaña de aforos se realizó con un medidor de flujo electromagnético modelo OTT MF Pro, cuyo nivel de precisión se estima en un $\pm 2\%$ de la medición, es decir $\pm 0,015$ m/s en la velocidad y $\pm 0,015$ m en la profundidad, permitiendo medir velocidades entre 0 a 6 m/s en el cauce del río.

2.2 REALIZACIÓN DE LOS AFOROS

El conjunto de actividades realizadas para cada una de las secciones de aforo, recomendados tanto a nivel nacional como internacional, se adjunta en el Anexo 6.2 de este documento.

2.2.1 Cálculo de caudal y determinación de errores

El caudal en la sección de aforo (Q_T) se estimó como la suma de los caudales determinados en cada subsección (Q_i), según la siguiente ecuación:

$$Q_T = \sum_{i=1}^n Q_i \pm \sum_{i=1}^n \Delta Q_i$$

A su vez los caudales de cada subsección i (Q_i) se determinan al multiplicar la velocidad media de la misma y su área, tal como se indica en la siguiente expresión:

$$Q_i = A_i \cdot v_i + \Delta Q_i$$

Donde:

- A_i : Área de la subsección i (m^2)
- v_i : Velocidad media en la subsección i (m/s)
- ΔQ_i : Error asociado a la estimación del caudal en la subsección i

El error ΔQ_i se estima utilizando la siguiente ecuación:

$$\Delta Q_i = A_i \cdot \Delta v_i + v_i \cdot \Delta A_i$$

Donde Δv_i y ΔA_i corresponden a los errores asociados a la estimación de la velocidad media y el área de la subsección i .

La velocidad media en cada subsección se determina en función del método de medición en la vertical, como sigue:

Tabla 2-1: Cálculo de velocidad media en la subsección i

Método de medición en la vertical	Cálculo de Velocidad en la subsección	Error asociado
3 puntos	$v_i = \frac{v_{0,2h} + 2 \cdot v_{0,6h} + v_{0,8h}}{4}$	$\Delta v_i = \frac{\Delta v_{0,2h} + 2 \cdot \Delta v_{0,6h} + \Delta v_{0,8h}}{4}$
2 puntos	$v_i = \frac{v_{0,2h} + v_{0,6h}}{2}$	$\Delta v_i = \frac{\Delta v_{0,2h} + \Delta v_{0,6h}}{2}$
1 punto	$v_i = v_{0,6h}$	$\Delta v_i = \Delta v_{0,6h}$

El error asociado a cada lectura $\Delta v_{x,h}$ se obtiene en función de las indicaciones del fabricante del instrumento a utilizar. Como referencia se indica que el sensor electromagnético OTT mf Pro posee un error correspondiente a $\pm 2\%$ de la lectura si ésta se encuentra entre 0 y 3,04 m/s y a $\pm 4\%$ de la lectura si esta se encuentra entre 3,04 y 4,87 m/s.

Para la determinación del área de la subsección se considera una sección trapezoidal o triangular, cuya área se determina como:

$$A_i = h_i \cdot L_i \pm \Delta A_i$$

Donde:

- A_i : Área de la subsección i (m²)
- h_i : Altura de agua medida al centro de la subsección i (m)
- L : Ancho superficial de la subsección i

El error asociado a esta medida ΔA_i , se estima usando la expresión indicada a continuación.

$$\Delta A_i = L_i \cdot \Delta h_i + h_i \cdot \Delta L_i$$

Donde:

- Δh_i : Error asociado a la altura de agua medida en el centro de la subsección i.
- ΔL_i : Error asociado a la medición del ancho superficial de la subsección i.

El error asociado a las mediciones de altura y ancho superficial se considera como la mitad de la menor medida, equivalente a 0,5 cm.

2.2.2 Estimación de pérdidas

Para determinar el porcentaje de pérdidas se ha tomado la relación establecida en la ITC 09 Aforos y Medición de Pérdidas de la CNR, las cuales se estiman en cada tramo en unidades de volumen/tiempo. Luego se desarrolla la sumatoria de pérdidas (volumen/tiempo), dividido por el caudal medido aguas arriba, con lo cual se obtendrá el porcentaje de pérdidas, esto es:

$$\% \text{ pérdidas} = \frac{\sum_{i=\text{inicial}}^{n=\text{final}} \text{pérdidas} \left(\frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \right)_i}{\text{caudal aguas arriba} \left(\frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \right)}$$

Considerando el propósito de este estudio, se estimó el porcentaje de pérdidas de manera individual en cada tramo, permitiendo identificar los tramos con mayores pérdidas por infiltración.

3 RESULTADOS

3.1 SECCIONES DE AFORO

En la Tabla 3-1 se entrega el listado de secciones de aforo medidas en el canal Bellavista durante la campaña de Junio y Julio. Dentro de los datos obtenidos se debió seleccionar aquellos que no presentaran perturbaciones y descartar los valores que no seguían una tendencia clara. Cabe agregar que durante la segunda campaña de aforos se volvieron a medir las secciones de los kilómetros 49,2 y 50,9, debido a que se había registrado un incremento de caudal.

Tabla 3-1. Secciones de aforos y caudales medidos

Tramo (km)		Longitud (km)	Caudal medido (m ³ /s)	
Inicio	Término		Inicio	Término
0,1	1,8	1,7	1,145	1,116
1,8	3,9	2,1	1,116	0,987
3,9	6,3	2,4	0,937	0,932
6,3	8,1	1,8	0,932	0,866
8,1	12,4	4,3	0,866	1,022
12,4	14,5	2,1	0,945	0,952
14,5	15,5	1,0	0,952	0,961
15,5	17,5	2,0	0,961	0,865
17,5	19,8	2,3	0,877	0,851
19,8	22,6	2,8	0,851	0,800
22,6	25,0	2,4	0,800	0,749
25,0	27,1	2,1	0,828	0,871
27,1	30,5	3,4	0,871	0,835
30,5	31,7	1,2	0,835	0,843
31,7	32,9	1,2	0,817	0,757
32,9	35,1	2,2	0,757	0,629
35,1	36,8	1,7	0,629	0,563
41,7	45,2	3,5	0,472	0,410
47,0	48,5	1,5	0,347	0,339
49,2	50,8	1,6	0,246	0,367
49,2	50,0	0,8	0,801	0,792
50,0	50,8	0,8	0,792	0,732
52,2	54,2	2,0	0,195	0,161
55,9	56,7	0,8	0,400	0,402

Nota: valor tachado en rojo fue descartado del estudio de aforos

Las fichas de cada sección de aforo seleccionada contienen la información de ubicación, fecha, horario, descripción del área, fotos y el resultado de caudales, las cuales se adjuntan en el Anexo 6.3 de este documento.

Los planos de ubicación con los puntos de aforo se indican en el Anexo 6.4.

3.2 RESUMEN DE RESULTADOS Y GRÁFICO DE PÉRDIDAS

Los resultados de la campaña de aforo en el canal Bellavista se resumen la Tabla siguiente y se ilustran en la Figura 3-1, Figura 3-2 y Figura 3-3, donde es posible identificar la tendencia de los caudales, de sus respectivas pérdidas y un total de pérdida acumulada de 73,8%.

Tabla 3-2. Resumen de resultados aforos en el canal Bellavista

Tramo (km)		Longitud (km)	Caudal medido (m ³ /s)		Pérdida de caudal		
Inicio	Término		Inicio	Término	(m ³ /s)	%	%/km
0,1	1,8	1,7	1,145	1,116	0,029	2,5	1,5
1,8	3,9	2,1	1,116	0,987	0,129	11,6	5,5
3,9	6,3	2,4	0,937	0,932	0,005	0,5	0,2
6,3	8,1	1,8	0,932	0,866	0,066	7,1	3,9
12,4	14,5	2,1	0,945	0,952	-0,007	0,0	0,0
14,5	15,5	1,0	0,952	0,961	-0,009	0,0	0,0
15,5	17,5	2,0	0,961	0,865	0,096	10,0	5,0
17,5	19,8	2,3	0,877	0,851	0,026	3,0	1,3
19,8	22,6	2,8	0,851	0,800	0,051	6,0	2,1
22,6	25,0	2,4	0,800	0,749	0,051	6,4	2,7
25,0	27,1	2,1	0,828	0,871	-0,043	0,0	0,0
27,1	30,5	3,4	0,871	0,835	0,036	4,1	1,2
30,5	31,7	1,2	0,835	0,843	-0,008	0,0	0,0
31,7	32,9	1,2	0,817	0,757	0,060	7,3	6,1
32,9	35,1	2,2	0,757	0,629	0,128	16,9	7,7
35,1	36,8	1,7	0,629	0,563	0,066	10,5	6,2
41,7	45,2	3,5	0,472	0,410	0,062	13,1	3,8
47,0	48,5	1,5	0,347	0,339	0,008	2,3	1,5
49,2	50,0	0,8	0,801	0,792	0,009	1,1	1,4
50,0	50,8	0,8	0,792	0,732	0,060	7,6	9,5
52,2	54,2	2,0	0,195	0,161	0,034	17,4	8,7
Pérdida total canal						73,80%	

Nota: las pérdidas de caudal negativas (m³/s) se encuentran dentro del margen de error de la medición por lo tanto se consideró la pérdida % como cero

Figura 3-1: Gráfico de caudales medidos y pérdidas unitarias de caudal en el canal Bellavista

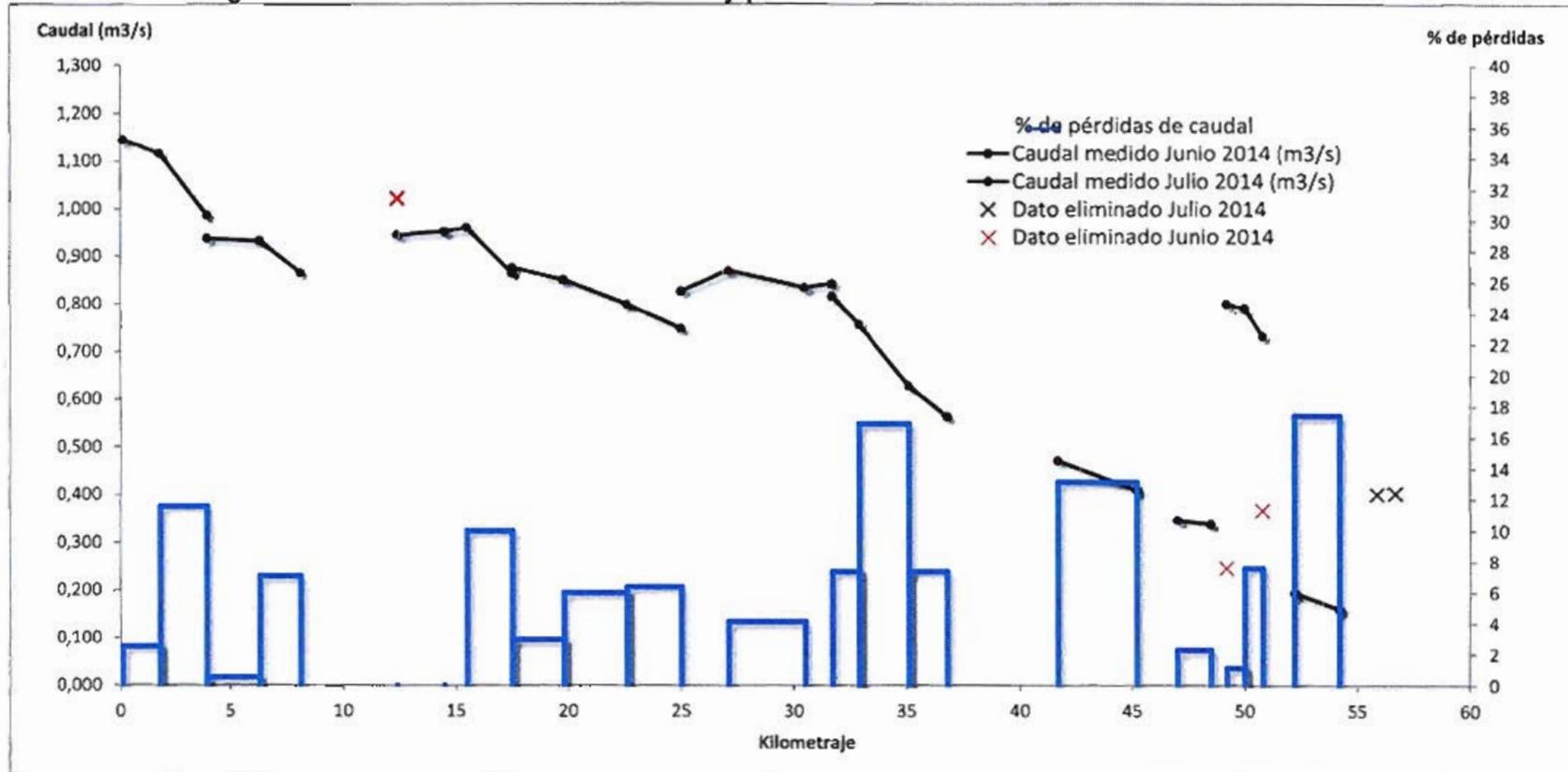


Figura 3-2: Pérdidas unitarias de caudal por kilómetro en el canal Bellavista

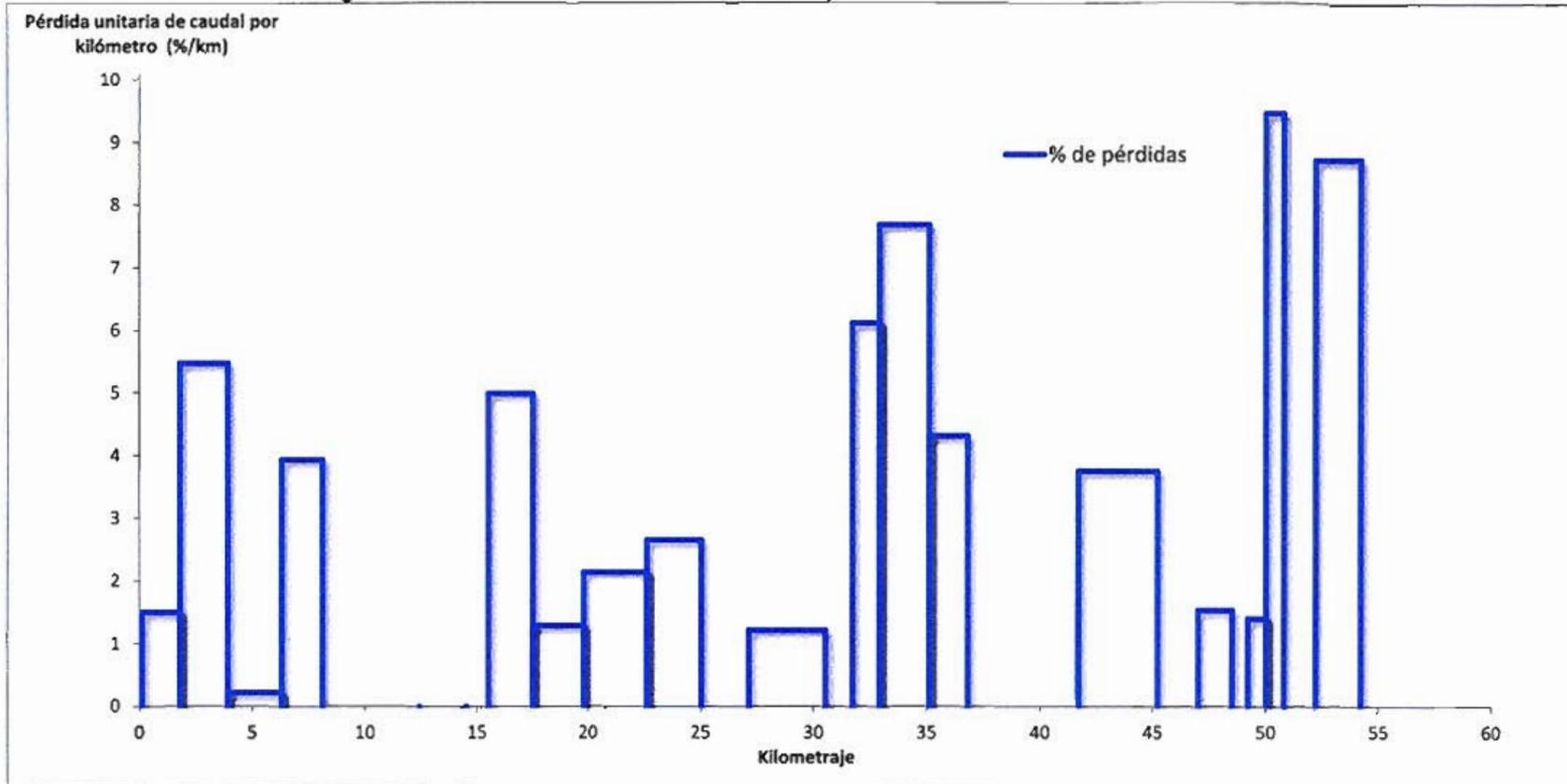
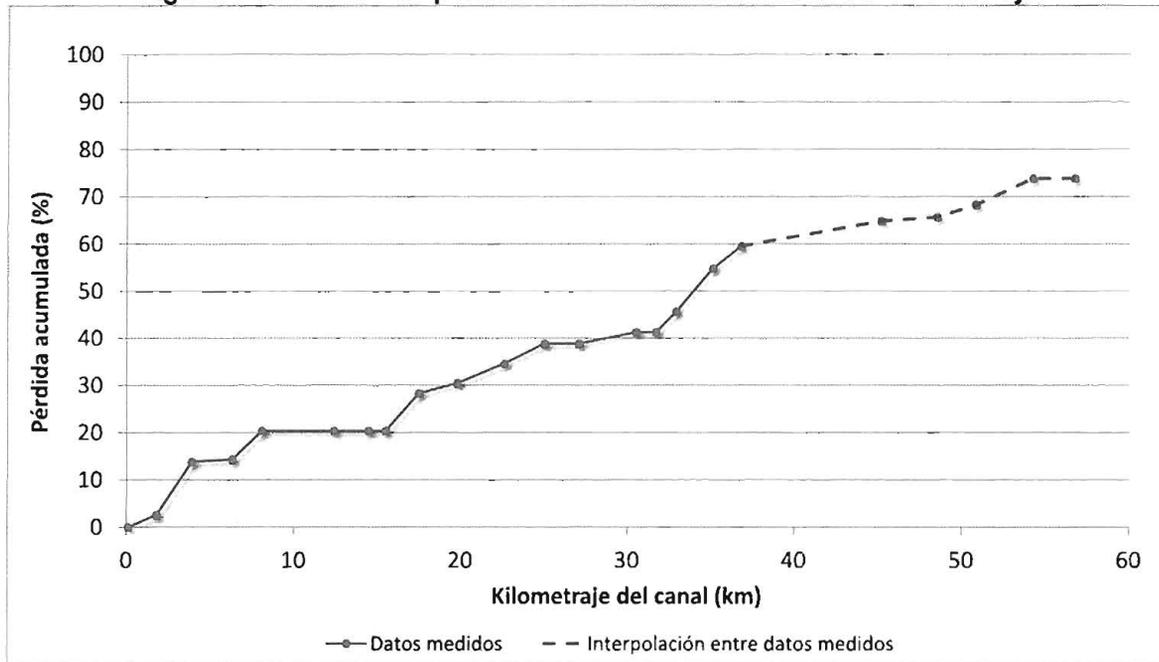


Figura 3-3: Gráfico de pérdida acumulada en función del kilometraje



3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos, los cuales se aprecian gráficamente en las figuras anteriores, se puede inferir lo siguiente:

Km 0,0 – km 8,1: En esta longitud se midieron 4 segmentos con pérdidas entre 0,2 y 5,5 %/km. Fue señalado por funcionarios que trabajan en el canal que en al menos los primeros 5 km de éste registran que tienen pérdidas por filtraciones, especialmente al cruzar la quebrada El Arrayán, lo que se confirma a través de las mediciones de la campaña de aforo.

Se tiene que, de igual forma que en la totalidad del canal, no existe ningún revestimiento en esta área, lo que sumado a que la sección transversal es en promedio mayor al resto del canal, incide en haber encontrado pérdidas por infiltración. Por otro lado, la totalidad de usuarios se ubica hacia aguas abajo de este sector, por lo que es relevante mejorar los kilómetros iniciales del canal.

Figura 3-4: Sector km 0,0 – km 8,1



Km 8,1 – km 11,6: En este tramo el resultado medido no arrojó una pérdida, si no que por el contrario, un aumento de caudal. Teniendo en cuenta que el caudal del canal es controlado automáticamente desde la bocatoma para que el agua entrante se mantenga en una cantidad fija; que la diferencia medida está ampliamente fuera de los márgenes de error de los aforos ($0,852 \text{ m}^3/\text{s}$ y luego aguas abajo $1,013 \text{ m}^3/\text{s}$); y que los valores de estos dos puntos fueron corroborados con las mediciones siguientes hacia aguas abajo, es presumible que se produce una infiltración al canal cuando este entra al túnel Las Rojas, ubicado entre los dos puntos de aforo en cuestión como se indica en la Figura 3-5.

Figura 3-5: Sector km 8,1 – km 11,6



km 32,8 - km 35,2: Particularmente en este tramo se obtuvo una pérdida de 7,7 %/km, por lo tanto esta zona es relevante como posible candidata a la implementación de mejoras, no obstante, debe considerarse un análisis en una mayor extensión, hasta aguas arriba al km 29 del canal inclusive, que si bien los aforos no lo señalaron como un sector de pérdidas importantes, los usuarios del sector sí lo señalan como un sector de filtraciones hacia la quebrada de Monardes.

Figura 3-6: Sector km 32,8 – km 35,2



km 52,2 – km 54,2: Se obtuvo una de las pérdidas unitarias más altas de todo el canal, igual a 8,7 %/km. El resultado puede explicarse porque en los kilómetros finales del canal, la sección es comparativamente grande en relación al caudal que transporta, lo que genera tiempos de retención mayores, aumentando la probabilidad de infiltración si los suelos del sector tienen permeabilidad alta.

Por otro lado, información recabada directamente de personal que trabaja en el canal, indican que la sección del canal fue aumentada mediante excavaciones recientes, lo que removió la cobertura impermeable sellante del fondo del canal formado por la acumulación de sedimentos, aumentando de manera relevante la infiltración. Por esta razón, el resultado obtenido puede hacerse extensivo hacia los tramos finales, de iguales características al que se logró medir.

Figura 3-7: Sector km 52,2 – km 54,2



Cabe mencionar que los caudales medidos en los km 54,2 y km 55,9 en la segunda campaña de aforo, entregaron una pérdida por infiltración nula. Esta información fue descartada, producto que la sección se encontraba alterada, producto de los trabajos de limpieza y reperfilamiento realizados con una semana de anterioridad como se indica en la Fotografía 3-1. Adicionalmente se desconoce el estado del acuífero producto de las precipitaciones del 11 de junio, que podría incidir en el comportamiento de las infiltraciones.

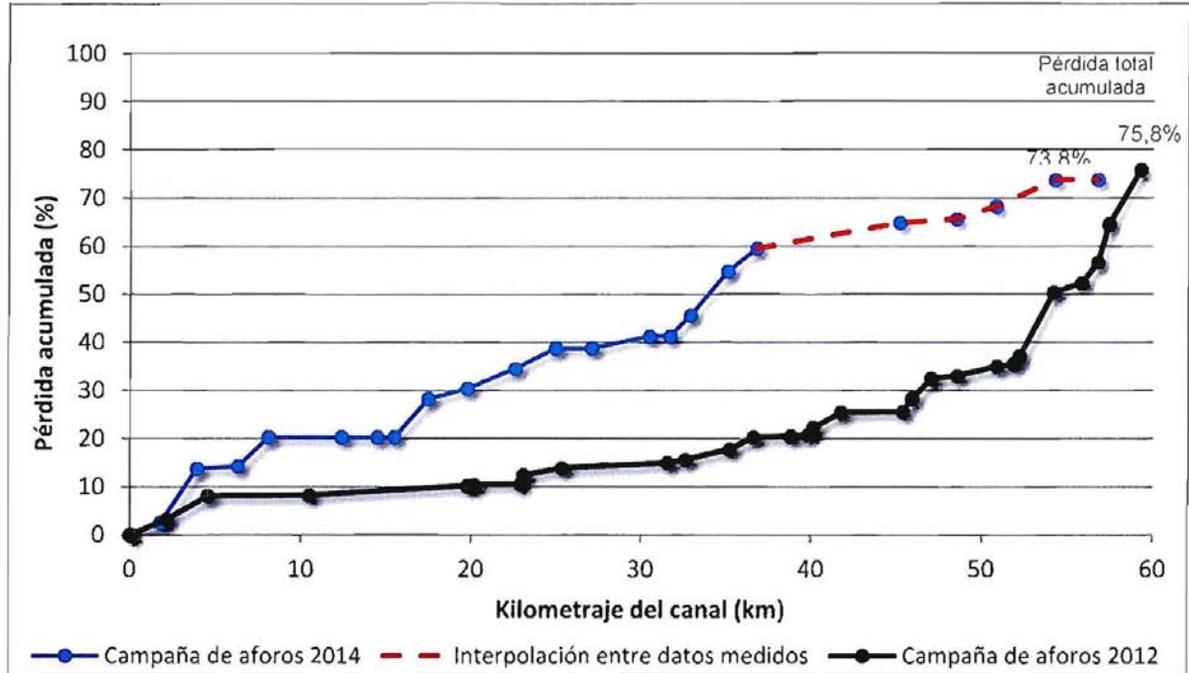
Fotografía 3-1: Sección de aforo km 56,7



Al analizarse de manera global el canal, se obtiene que la pérdida total en éste, obtenida de forma acumulativa en cada sección sobre la pérdida acumulada hasta la sección anterior, alcanza hasta un 73,8% del caudal entrante en la bocatoma. Cabe agregar que el canal prácticamente en toda su extensión no se encuentra revestido y presenta una acumulación considerable de algas, lo que incide en los altos índices de pérdidas por infiltración.

Como se observa en la Figura 3-8, las pérdidas acumuladas en la Campaña de Aforos realizada en el 2012 arrojaron un total de un 75,8%, presentando una tendencia constante a lo largo de su recorrido para finalizar en su último tramo con porcentajes de pérdidas elevados. Estas diferencias se pueden atribuir a las condiciones de conservación y operación del canal al momento de las campañas de aforos.

Figura 3-8: Gráfico comparativo Campaña de aforos 2014 y Campaña de aforos 2012



ANEXO A ANTECEDENTES



Marzo de 2013

SOCIEDAD ADMINISTRADORA DE RECURSOS HÍDRICOS RÍO ELQUI LTDA.

Avda. Estadio N° 1.365 – La Serena – Fonos (51)472910 -472913

ESTUDIO DE PÉRDIDAS POR CONDUCCIÓN CANAL BELLAVISTA

Introducción.-

Durante el 28 de febrero y el 19 de enero de 2013 la empresa consultora Administradora Río Elquí Limitada efectuó a solicitud de la Asociación de Canalistas del Canal Bellavista un estudio conducente a determinar la magnitud de las pérdidas de agua experimentadas a lo largo del recorrido del canal matriz.

La metodología utilizada consistió en efectuar una serie de corridas de aforos en cada uno de los tramos en que se dividió el canal, teniendo como principales puntos de referencia la ubicación de los distintos marcos partidores y/o algún otro punto de pérdida definido por informantes claves como celadores y directivos del canal. El aforo de las diversas secciones fue realizado a través del método del molinete hidráulico utilizando un equipo marca Gurley modelo 625.

Los resultados fueron tabulados y analizados mediante la estimación de las pérdidas de agua porcentual y pérdidas unitarias.

Distribución de puntos de aforo a lo largo del canal.

La campaña de terreno se dividió en dos campañas, la primera de ellas efectuada entre el 28 de febrero y el 19 de enero de 2012 cuyo objetivo primordial fue estudiar la pérdida general del canal a lo largo de su recorrido total (60 kilómetros aproximadamente). Durante esta primera campaña se realizaron 54 aforos en sectores donde se sospechaba de la existencia de pérdidas de agua por conducción u otras causas. Se incluyó además los puntos definidos por la ubicación de los diversos marcos volumétricos que posee el canal.

La segunda campaña efectuada entre el 12 y 19 de enero de 2013 tuvo como objetivo acotar la ubicación y longitud de los sectores con pérdidas que fueron identificados en la primera campaña, esto resulta de mucha importancia al momento que el canal está interesado en ejecutar algunos mejoramientos tendientes a optimizar la cantidad de agua conducida.

Los 54 puntos de medición de la primera campaña definieron 28 tramos mientras que la segunda definió 16 tramos de diversa longitud y características (Ver Cuadros N° 1 y 2).



Fotografía N° 1: Compuertas radiales automáticas tipo Flume Gates Canal Bellavista.

Cuadro N°1: Tramos evaluados estudio de pérdidas canal Bellavista (Primera campaña de aforo)

Identificación del Tramo	Nº Tramo	Km Inicial	Km Final	Longitud (Km)
Compuerta-Bajada Qda El Arrayán	1	0,00	2,13	2,13
Compuerta El Arrayán-Qda de Talca	2	2,13	4,55	2,41
Qda Talca-Entrada Túnel Las Rojas	3	4,55	10,51	5,96
Entrada Túnel Las Rojas-Marco Quilacán 1	4	10,51	19,79	9,28
Marco Quilacán 1-Marco Quilacán 2	5	19,79	20,21	0,42
Marco Quilacán 2-Antes de Pajonales	6	20,21	22,90	2,69
Antes de Pajonales-Después de Pajonales	7	22,90	23,10	0,20
Después de Pajonales-Marco Vista Bella	8	23,10	25,36	2,26
Marco Vista Bella-Marco Monardes	9	25,36	31,58	6,22
Marco Monardes-Marco Bellavista	10	31,58	32,64	1,06
Marco Bellavista-Marco Ceres	11	32,64	35,23	2,59
Marco Ceres-Marco Santa Isabel	12	35,23	36,63	1,40
Marco Santa Isabel-Marco El Pino	13	36,63	38,84	2,21
Marco El Pino-Marco San Joaquín	14	38,84	39,83	0,99
Marco San Joaquín-Marco Santa Rosa	15	39,83	40,14	0,31
Marco Santa Rosa-Marco El Milagro	16	40,14	41,77	1,63
Marco El Milagro-Marco San Ramón	17	41,77	45,39	3,62
Marco San Ramón-Marco La Herradura	18	45,39	45,94	0,55
Marco La Herradura-Marco Santa Inés	19	45,94	47,05	1,11
Marco Santa Inés- Marco Corazón de María	20	47,05	48,56	1,51
Marco Corazón de María-Marco Santa Elena	21	48,56	50,85	2,29
Marco Santa Elena-Marco Santa Bárbara	22	50,85	51,83	0,98
Marco Santa Bárbara-Marco Santa Ana	23	51,83	52,17	0,34
Marco Santa Ana-Marco El Carmen	24	52,17	54,137	1,97
Marco El Carmen-Marco San Antonio	25	54,137	55,78	1,64
Marco San Antonio-Marco Santa Filomena	26	55,78	56,72	0,94
Marco Santa Filomena-Marco El Retiro	27	56,72	57,37	0,65
Marco El Retiro-Submarco Cerrillos Nva Vida	28	57,37	59,21	1,84

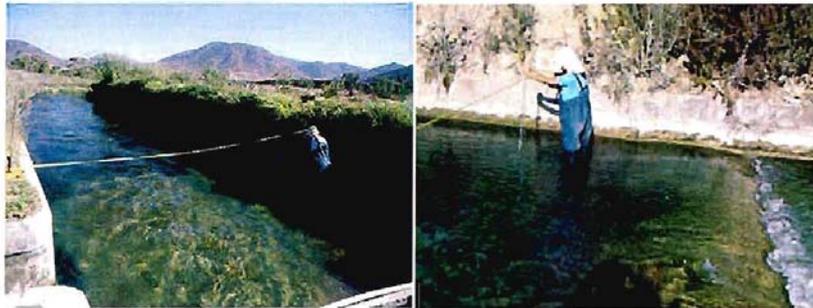
Cuadro N°2: Tramos evaluados estudio de pérdidas canal Bellavista (Segunda campaña de aforo)

Identificación del Tramo	Nº Tramo	Longitud (Km)
Inicio Qda Pajonales - Punto Intermedio Qda Pajonales	1	0,500
Punto Intermedio Qda Pajonales - Punto Final Qda Pajonales	2	0,510
Inicio Monardes - Intermedio 1 Monardes	3	0,330
Intermedio 1 Monardes - Intermedio 2 Monardes	4	0,320
Intermedio 2 Monardes - Final Monardes	5	0,350
Marco San Joaquín - Marco Santa Rosa	6	1,500
Marco San Ramón - Punto Intermedio 1 LH	7	0,240
Punto Intermedio 1 LH - Antes Marco La Herradura	8	0,260
Después La Herradura - Intermedio 1 LH - SI	9	0,245
Intermedio 1 LH - SI / Intermedio 2 LH-SI	10	0,300
Intermedio 2 LH - SI / Antes Marco Santa Inés	11	0,560
Marco Santa Ana Antiguo - Antes Marco Santa Ana Nuevo	12	0,190
Marco Santa Ana Nuevo - Intermedio 1 El Carmen	13	0,530
Intermedio 1 El Carmen - Intermedio 2 El Carmen	14	0,500
Intermedio 2 El Carmen - Intermedio 3 El Carmen	15	0,500
Intermedio 3 El Carmen - Marco El Carmen	16	0,450

Situación actual de pérdidas en cada tramo del canal.

El estudio se efectuó en un recorrido total de 59,21 kilómetros. El total de pérdidas expresadas como caudal en esta longitud alcanza la cifra de 751,69 l/s lo cuál representa un porcentaje total de pérdidas de un 45,81% sobre el caudal que es medido en la compuerta de entrega, en este caso, 2 compuertas radiales automáticas tipo Flume Gate.

El análisis global de la información da cuenta que las pérdidas en el canal Bellavista se presentan desde el kilómetro 38,8 (marco San Joaquín) hasta el final de su recorrido, en todo este tramo las velocidades de escurrimiento promedio no superan los 0,4 m/s, lo que da cuenta de un problema serio de pendiente.



Fotografía N° 2: Secciones de aforo en los marcos Quilacán N°2 y Bellavista respectivamente.

Adoptando como criterio un porcentaje de pérdida unitaria sobre el 5% por kilómetro, es posible identificar 9 tramos conflictivos para el canal, ordenados de forma decreciente en cuanto a sus pérdidas: Tramo 27 entre el marco Santa Filomena y El Retiro, Tramo 28 entre el marco El Retiro y Submarco Cerrillos, Tramo 24 entre el marco Santa Ana y el marco El Carmen, Tramo 7 comprendido antes del sector de Pajonales y después de Pajonales, Tramo 26 entre el marco San Antonio y el marco Santa Filomena, Tramo 23 entre el marco Santa Bárbara y marco Santa Ana, Tramo 18 entre el marco San Ramón y el marco La Herradura, Tramo 15 entre el marco San Joaquín y el marco Santa Rosa y Tramo 19 entre el marco La Herradura y el marco Santa Inés. Estos nueve tramos suman una longitud de 7,91 kilómetros y una pérdida en caudal equivalente a 367,55 l/s, es decir, casi un 50% del total de pérdidas que experimenta el canal a lo largo de su recorrido total están en estos tramos.

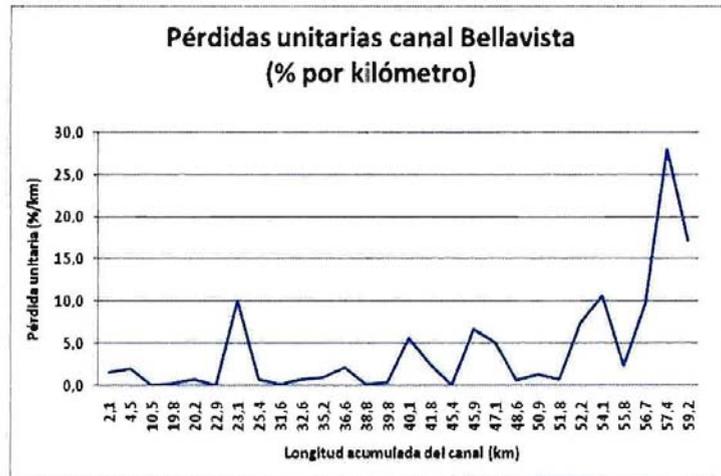


Gráfico N° 1: Comportamiento de las pérdidas a lo largo del canal Bellavista.

Sin embargo, y tal como se aprecia en el Gráfico N° 1, las mayores pérdidas del canal se concentran fuertemente en los últimos 7,4 kilómetros de su recorrido probablemente influenciadas por los problemas de pendiente muy baja y sectores en contrapendiente, según lo apreciado en terreno y al comportamiento de las velocidades promedio (Gráfico N° 2) que en promedio es de 0,27 m/s. En este sentido el tramo comprendido entre el Marco Santa Filomena y el Submarco Cerrillos, con 2,5 kilómetros de longitud, acumula pérdidas de casi un 45% por kilómetro de canal del caudal que llega hasta este punto.

Cuadro N°3 Situación actual de pérdidas en cada tramo del canal en estudio.

Identificación del Tramo	Nº Tramo	Km Inicial	Km Final	Longitud (Km)	Pérdida Tramo (l/s)	Pérdida Tramo (%)	Pérdida Unitaria Tramo (%/Km)	Velocidad Promedio Tramo (m/s)	Total Pérdidas Canal (l/s)	Total Pérdidas (%)
Compuerta-Bajada Qda El Arrayán	1	0,00	2,13	2,13	52,89	3,22	1,51	0,41	751,69	45,81
Compuerta El Arrayán-Qda de Talca	2	2,13	4,55	2,41	79,60	5,01	2,08	0,62	751,69	45,81
Qda Talca-Entrada Túnel Las Rojas	3	4,55	10,51	5,96	3,08	0,20	0,03	0,77	751,69	45,81
Entrada Túnel Las Rojas-Marco Quilacán 1	4	10,51	19,79	9,28	32,03	2,13	0,23	0,80	751,69	45,81
Marco Quilacán 1-Marco Quilacán 2	5	19,79	20,21	0,42	4,13	0,30	0,71	0,67	751,69	45,81
Marco Quilacán 2-Antes de Pajonales	6	20,21	22,90	2,69	2,11	0,15	0,06	0,62	751,69	45,81
Antes de Pajonales-Después de Pajonales	7	22,90	23,10	0,20	27,62	2,02	10,08	0,57	751,69	45,81
Después de Pajonales-Marco Vista Bella	8	23,10	25,36	2,26	22,83	1,70	0,75	0,47	751,69	45,81
Marco Vista Bella-Marco Monardes	9	25,36	31,58	6,22	15,85	1,20	0,19	0,43	751,69	45,81
Marco Monardes-Marco Bellavista	10	31,58	32,64	1,06	10,23	0,81	0,77	0,50	751,69	45,81
Marco Bellavista-Marco Ceres	11	32,64	35,23	2,59	32,29	2,59	1,00	0,38	751,69	45,81
Marco Ceres-Marco Santa Isabel	12	35,23	36,63	1,40	36,07	2,98	2,13	0,56	751,69	45,81
Marco Santa Isabel-Marco El Pino	13	36,63	38,84	2,21	3,28	0,30	0,13	0,27	751,69	45,81
Marco El Pino-Marco San Joaquín	14	38,84	39,83	0,99	4,08	0,37	0,38	0,32	751,69	45,81
Marco San Joaquín-Marco Santa Rosa	15	39,83	40,14	0,31	19,41	1,79	5,70	0,29	751,69	45,81
Marco Santa Rosa-Marco El Milagro	16	40,14	41,77	1,63	43,66	4,14	2,54	0,30	751,69	45,81
Marco El Milagro-Marco San Ramón	17	41,77	45,39	3,62	2,33	0,23	0,06	0,37	751,69	45,81
Marco San Ramón-Marco La Herradura	18	45,39	45,94	0,55	36,01	3,66	6,65	0,36	751,69	45,81
Marco La Herradura-Marco Santa Inés	19	45,94	47,05	1,11	45,34	5,73	5,16	0,26	751,69	45,81
Marco Santa Inés- Marco Corazón de María	20	47,05	48,56	1,51	5,99	0,90	0,59	0,27	751,69	45,81
Marco Corazón de María-Marco Santa Elena	21	48,56	50,85	2,29	18,57	2,96	1,29	0,34	751,69	45,81
Marco Santa Elena-Marco Santa Bárbara	22	50,85	51,83	0,98	4,08	0,71	0,72	0,37	751,69	45,81
Marco Santa Bárbara-Marco Santa Ana	23	51,83	52,17	0,34	13,65	2,54	7,46	0,42	751,69	45,81
Marco Santa Ana-Marco El Carmen	24	52,17	54,137	1,97	110,44	21,09	10,72	0,34	751,69	45,81
Marco El Carmen-Marco San Antonio	25	54,137	55,78	1,64	11,04	3,82	2,32	0,21	751,69	45,81
Marco San Antonio-Marco Santa Filomena	26	55,78	56,72	0,94	25,10	9,14	9,72	0,22	751,69	45,81
Marco Santa Filomena-Marco El Retiro	27	56,72	57,37	0,65	44,93	18,26	28,10	0,24	751,69	45,81
Marco El Retiro-Submarco Cerrillos Nva Vida	28	57,37	59,21	1,84	45,05	31,73	17,22	0,19	751,69	45,81

Comportamiento de las velocidades a lo largo del canal.

El comportamiento de las velocidades a lo largo del canal Bellavista muestra dos realidades, la primera desde su inicio hasta el kilómetro 38,8 (Marco San Joaquín) donde las velocidades promedio registradas superan los 0,4 m/s, que podrían considerarse como adecuadas para un canal excavado en tierra. Desde este punto hasta el final del canal, la realidad es otra, las velocidades promedio registradas se encuentran bajo este valor, lo que sin duda deja en evidencia problemas de pendiente en todo este tramo.

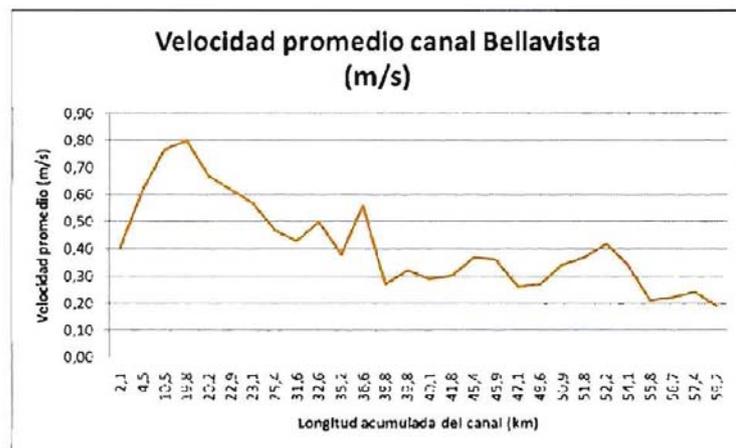


Grafico N° 2: Comportamiento de las velocidades a lo largo del canal Bellavista.

Determinación de pérdidas de agua en puntos críticos del canal identificados durante la Primera Campaña de Aforo.

Tal como se comentó anteriormente se evaluaron 16 tramos conflictivos del canal, estimándose su nivel de pérdidas de agua, reconociéndose 7 tramos conflictivos. De estos 7 tramos, 3 son críticos, el primero de ellos ubicado 245 metros aguas abajo del Marco la Herradura con una pérdida unitaria de un 35,50%/km equivalente a 69,50 l/s, el segundo entre la ubicación del marco antiguo Santa Ana y el nuevo Marco Santa Ana con una longitud de casi 300 metros y una pérdida unitaria de 79,89%/km equivalente a 78,60 l/s y finalmente un tercer tramo ubicado en la porción media del marco Santa Ana y El Carmen de 500 metros de longitud y una pérdida unitaria de 20,18%/km equivalente a 44 l/s.

Cuadro N°4: Situación actual de pérdidas en cada tramo del canal en estudio.

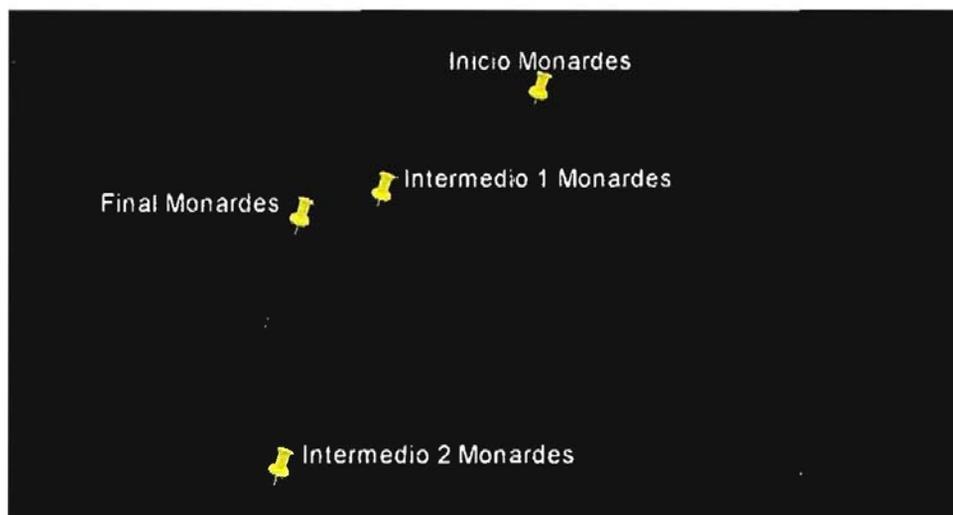
Identificación del Tramo	Nº Tramo	Longitud (Km)	Caudal Inicial (l/s)	Caudal Final (l/s)	Pérdida Tramo (l/s)	Pérdida Tramo (%)	Pérdida Unitaria Tramo (%/Km)
Inicio Qda Pajonales - Punto Intermedio Qda Pajonales	1	0,500	1320,85	1317,49	3,36	0,25	0,51
Punto Intermedio Qda Pajonales - Punto Final Qda Pajonales	2	0,510	1317,49	1308,97	8,52	0,65	1,27
Inicio Monardes - Intermedio 1 Monardes	3	0,330	1289,80	1284,06	5,74	0,45	1,35
Intermedio 1 Monardes - Intermedio 2 Monardes	4	0,320	1284,06	1282,33	1,73	0,13	0,42
Intermedio 2 Monardes - Final Monardes	5	0,350	1282,33	1275,87	6,46	0,50	1,44
Marco San Joaquín - Marco Santa Rosa	6	1,500	981,80	977,63	4,17	0,42	0,28
Marco San Ramón - Punto Intermedio 1 LH	7	0,240	893,34	925,92	-32,58	-3,65	-15,20
Punto Intermedio 1 LH - Antes Marco La Herradura	8	0,260	925,92	962,03	-36,11	-3,90	-15,00
Después La Herradura - Intermedio 1 LH - SI	9	0,245	798,68	729,22	69,46	8,70	35,50
Intermedio 1 LH - SI / Intermedio 2 LH-SI	10	0,300	729,22	761,62	-32,40	-4,44	-14,81
Intermedio 2 LH - SI / Antes Marco Santa Inés	11	0,560	761,62	765,71	-4,09	-0,54	-0,96
Marco Santa Ana Antiguo - Antes Marco Santa Ana Nuevo	12	0,190	518,04	439,41	78,63	15,18	79,89
Marco Santa Ana Nuevo - Intermedio 1 El Carmen	13	0,530	435,76	435,46	0,30	0,07	0,13
Intermedio 1 El Carmen - Intermedio 2 El Carmen	14	0,500	435,46	391,53	43,93	10,09	20,18
Intermedio 2 El Carmen - Intermedio 3 El Carmen	15	0,500	391,53	377,63	13,90	3,55	7,10
Intermedio 3 El Carmen - Marco El Carmen	16	0,450	377,63	373,24	4,39	1,16	2,58

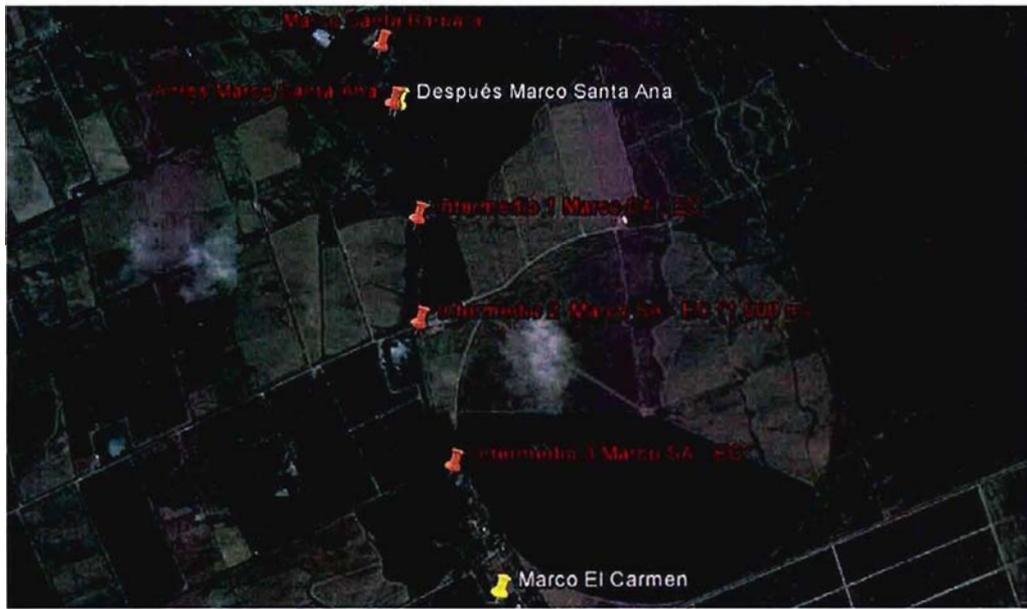
Recomendaciones de mejoramiento.

En atención a los resultados de este estudio se recomienda lo siguiente:

- 1.- Dar inicio a un trabajo paulatino de revestimiento de los casi 8 kilómetros críticos que posee el canal, para ello se propone utilizar revestimientos con lámina de HDPE, asfálticas y/o impermeabilización con arcillas, partiendo por los tramos críticos que fueron identificados durante la segunda campaña de aforo, esto permitiría recuperar teóricamente un caudal aproximado de uno 230 a 250 l/s. La longitud a intervenir sería de 2,6 kilómetros.
- 2.- Complementar los resultados de este estudio con estudios o antecedentes topográficos, especialmente en el tramo posterior al kilómetro 38,8; esto con la finalidad de definir si es conveniente o factible mejorar la pendiente de estos tramos o definitivamente revestir.

Anexos N° 1: Ubicación de puntos críticos de la segunda campaña de aforo.







ANEXO B METODOLOGÍA DE AFOROS

REFERENCIAS METODOLOGÍA DE AFOROS

1. Preparación de la sección

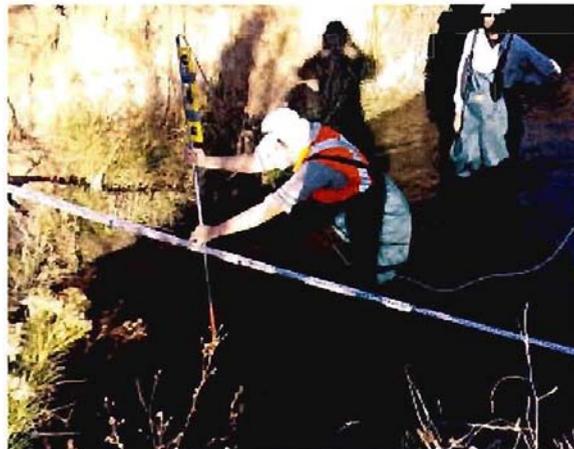
La campaña de aforos consideró el desarrollo de los trabajos mediante la medición de 3 a 4 secciones por día, donde se tomaron los siguientes resguardos en el acondicionamiento de la sección:

- La sección escogida no es afectada por singularidades que alteren el flujo, tales como: compuertas, extracciones de caudal, confluencias, cambios de sección, zonas muertas o turbulentas.
- Se removió la vegetación, acumulación de sedimentos y grandes piedras en las secciones de aforo.
- Se verificó que todo el flujo escurriera por una sola sección y en dirección paralela al canal, y que la profundidad del flujo en la sección fuera mayor a 0,3 m.

2. Demarcación de la Sección de Aforo

La sección de aforo se demarcó ubicando una huincha de forma horizontal o una mira topográfica, midiendo el ancho superficial (T) como se indica en la Fotografía 1. Por otra parte, instalando dos miras en forma vertical en los límites de cada subsección, se medirán los anchos basales (b) y superficiales (L)

Fotografía 1: Demarcación sección de aforo



3. Determinación del número de verticales y subsecciones

Para definir el número de verticales y subsecciones, n , se consideró el ancho superficial del canal quedando determinado según la siguiente tabla:

Tabla 1: Número de Subsecciones

Ancho T (m)	n
Menos de 1	4
1 - 2 m	6
2 - 4 m	10
4 - 8 m	16
8 - 10 m	20
más de 10 m	24

Se incorporó además, los puntos de cambio de declive (secciones de geometría compleja) y se consideró que el caudal parcial de cada subsección no supere en más de un 10% el caudal de las restantes subsecciones.

4. Determinación del número de puntos de registro por cada vertical

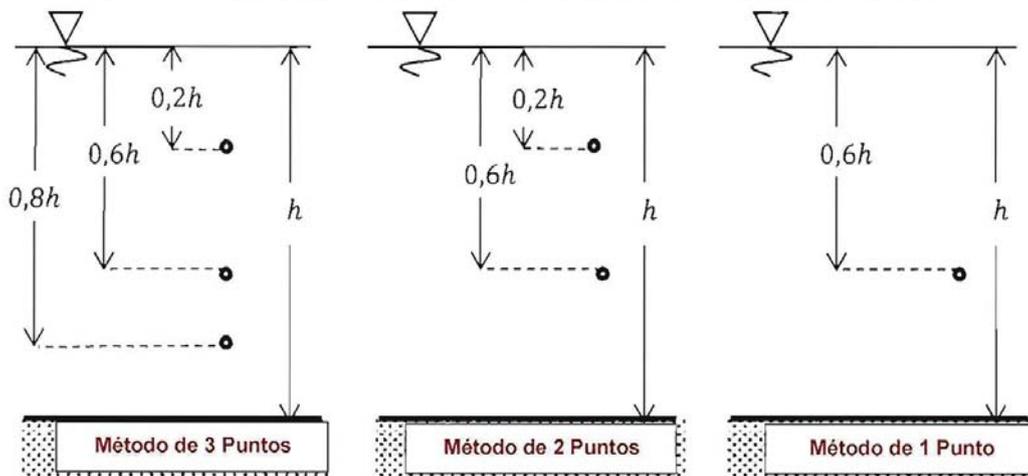
La cantidad de puntos de registro en cada vertical para cada subsección está dada por la profundidad de agua en la sección de aforo, tal como se indica en la Tabla 2 y se ilustra en la Figura 1:

Tabla 2: Número de Puntos de Registro en cada Vertical

Método de Medición	Profundidad del Agua En cada vertical	Cantidad de Puntos de Registro	Profundidades de Medición (*)
Método de 1 Punto	$h \leq 0,2 \text{ m}$	1	0,6h
Método de 2 Puntos	$0,2 \text{ m} < h \leq 0,6 \text{ m}$	2	0,2h 0,6h
Método de 3 Puntos	$0,6 \text{ m} < h \leq 3 \text{ m}$	3	0,2h 0,6h 0,8h

(*) h corresponde a la altura del agua

Figura 1: Métodos Medición en la Vertical de Cada Subsección

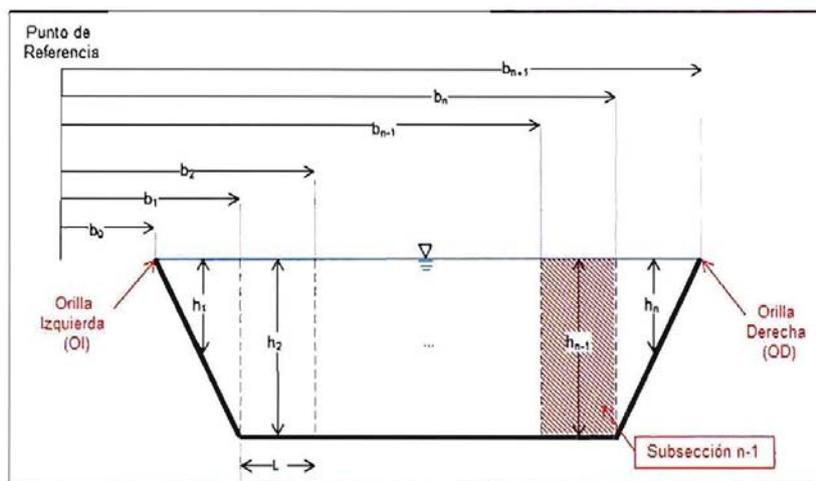


5. Mediciones

Esta actividad contempló el siguiente registro de mediciones como se indica en la Figura 2.

- Distancia entre un punto de referencia escogido y cada vertical (b_i).
- Registro de la profundidad de cada vertical (h_i)
- Mediciones de velocidades en los puntos de cada vertical definidos

Figura 2: Sección de Aforo Tipo



Cabe mencionar que tomaron las precauciones de dejar el instrumento fijo y perpendicular a la sección del canal y al escurrimiento, de tal manera de no afectar las mediciones. El

sensor electromagnético debe estar sumergido como mínimo 15 segundos hasta que las velocidades instantáneas se estabilicen.

6. Referencias

Ref. 1 ITC 09 Aforos y Medición de Pérdidas. CNR. Marzo 2014.

Ref. 2 Manual Básico para instrucción de Hidromensores. Dirección General de Aguas. 1991.

Ref. 3 Instrucciones de funcionamiento OTT MF pro. OTT Hydromet GmbH. 2012.

Ref. 4 Manual on Stream Gauging. Volume 1 – FieldWork. WMO. 2010



ANEXO C FICHAS SECCIONES DE AFORO

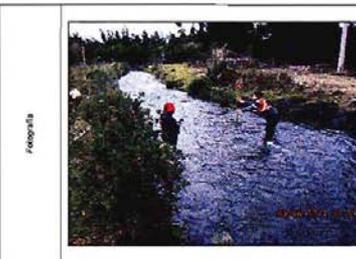
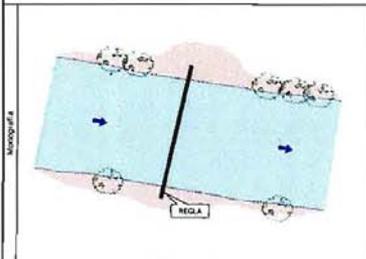
Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA
 N° Aforo: 1
 Fecha: 03.06.2014 Hora Inicio: 10:15 Hora Término: 11:40
 Locaciones: Municipio Quevedo - Ciénaga Limba

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 9680187 Coordenada Este (m): 300258
 Descripción: PAF 1B Km 0+100



Datos Aforo

Altura de Agua Inicial: 0.32 m Cont. Tot. de Subsecciones: 15
 Altura de Agua Intermedia: m Método: 1 Y 2 (2 Puntos o 3 Puntos)
 Altura de Agua Final: 0.32 m Dist. PR-D1: 6.32 m
 Tipo Sección: Irregular Dist. PR-CO: 0.4 m
 Ancho Basal: 5.90 m (Por Céntrica Irregular/CO Otra Denomin.)

Cálculos Aforo

Subsección N°	Dist. Horizontal (m) A1	Dist. A la vertical de Céntrica	Ancho (m) A1	Prof. Total (m) A1	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.4	6.586	0.373	0.33	1	0.03	0.349	0.048	0.349	0.017	0.003	0.007	0.007	0.001
					2							0.003		
					3							0.000		
2	0.772	6.929	0.373	0.27	1	0.04	0.749	0.078	0.696	0.059	0.003	0.015	0.015	0.003
					2	0.13	0.65					0.013		
					3							0.000		
3	1.146	7.332	0.373	0.22	1	0.04	0.895	0.082	0.8515	0.070	0.003	0.018	0.018	0.004
					2	0.13	0.808					0.015		
					3							0.000		
4	1.519	7.705	0.373	0.22	1	0.05	1.041	0.086	0.965	0.083	0.003	0.021	0.021	0.005
					2	0.14	0.891					0.018		
					3							0.000		
5	1.892	2.078	0.373	0.23	1	0.05	1.101	0.088	1.075	0.093	0.003	0.022	0.022	0.005
					2	0.14	0.974					0.019		
					3							0.000		
6	2.263	2.451	0.373	0.26	1	0.05	1.104	0.097	1.095	0.098	0.003	0.022	0.022	0.005
					2	0.16	0.915					0.018		
					3							0.000		
7	2.628	2.824	0.373	0.31	1	0.05	1.279	0.116	1.152	0.103	0.003	0.026	0.026	0.007
					2	0.19	1.025					0.021		
					3							0.000		
8	3.012	3.197	0.373	0.31	1	0.05	1.215	0.116	1.138	0.131	0.003	0.024	0.024	0.007
					2	0.19	1.057					0.021		
					3							0.000		
9	3.384	3.57	0.373	0.32	1	0.05	0.935	0.119	0.920	0.099	0.003	0.019	0.019	0.005
					2	0.19	0.722					0.014		
					3							0.000		
10	3.757	3.943	0.373	0.32	1	0.05	0.924	0.118	0.846	0.101	0.003	0.018	0.018	0.005
					2	0.19	0.788					0.015		
					3							0.000		
11	4.12	4.216	0.373	0.32	1	0.05	0.804	0.119	0.758	0.091	0.003	0.016	0.016	0.005
					2	0.19	0.712					0.014		
					3							0.000		
12	4.503	4.689	0.373	0.29	1	0.05	0.644	0.099	0.54	0.050	0.003	0.013	0.013	0.003
					2	0.15	0.435					0.009		
					3							0.000		
13	4.876	5.062	0.373	0.27	1	0.05	0.481	0.101	0.488	0.049	0.003	0.010	0.010	0.003
					2	0.16	0.495					0.010		
					3							0.000		
14	5.249	5.435	0.373	0.25	1	0.05	0.482	0.093	0.4615	0.043	0.003	0.010	0.010	0.002
					2	0.15	0.431					0.009		
					3							0.000		
15	5.622	5.808	0.373	0.2	1	0.04	0.37	0.075	0.37	0.028	0.003	0.007	0.007	0.002
					2							0.000		
					3							0.000		
16	5.995	6.181	0.373	0.16	1	0.03	0.149	0.090	0.149	0.009	0.003	0.003	0.003	0.001
					2							0.000		
					3							0.000		

CAUDAL TOTAL (m³/s) 1.145 **Error Caudal Total (m³/s)** 0.062

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Aforo: 2

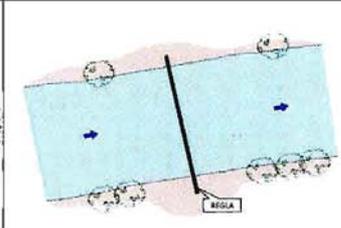
Fecha: 03.06.2014 Hora Inicio: 12.00 Hora Término: 13.55

Hidromensuras: Mauricio Quezada - Cristian Urvina

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 6679029 Coordenada Este (m): 305413

Descripción: RAF 2, Km 1-751



Mapografía

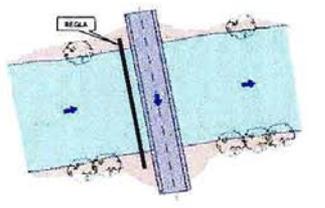


Fotografía

Datos Aforo				Cálculos Aforo			
Altura de Agua Inicial	<u>0.59</u> m	Corr. Tol. de Subsecciones	<u>10</u>				
Altura de Agua Intermedia		Método	<u>2</u>	(2 Puntos o 3 Puntos)			
Altura de Agua Final	<u>0.56</u> m	Dist. PR-01	<u>9.52</u> m				
Tip. Sección	<u>Irregular</u>	Dist. PR-00	<u>4.52</u> m				
Ancho Basal	<u>4.00</u> m	(D= DINA Equivale=00 DINA Diver=14)					

Subsección N°	Dist. Horizontal (m) A1	Dist. A la Vertical de CADA	Ancho (m) A2	Prof. Total (m) A3	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.52	0.72	0.4	0.32	1	0.05	0.274	0.128	0.267	0.023	0.004	0.005	0.005	0.002
					2	0.19	0.24					0.005		
					3							0.000		
2	0.92	1.12	0.4	0.21	1	0.07	0.544	0.140	0.481	0.007	0.004	0.011	0.011	0.003
					2	0.21	0.416					0.006		
					3							0.000		
3	1.52	1.52	0.4	0.49	1	0.1	0.807	0.196	0.7366	0.145	0.004	0.016	0.016	0.006
					2	0.29	0.678					0.014		
					3							0.000		
4	1.72	1.92	0.4	0.58	1	0.12	0.847	0.232	0.834	0.193	0.005	0.017	0.017	0.008
					2	0.35	0.821					0.016		
					3							0.000		
5	2.12	2.32	0.4	0.58	1	0.12	0.835	0.232	0.7915	0.164	0.005	0.017	0.017	0.008
					2	0.35	0.748					0.015		
					3							0.000		
6	2.52	2.72	0.4	0.59	1	0.12	0.737	0.236	0.7025	0.166	0.006	0.015	0.015	0.007
					2	0.35	0.688					0.013		
					3							0.000		
7	2.92	3.12	0.4	0.55	1	0.11	0.59	0.210	0.5825	0.138	0.005	0.012	0.012	0.005
					2	0.33	0.575					0.012		
					3							0.000		
8	3.32	3.52	0.4	0.5	1	0.1	0.408	0.200	0.445	0.089	0.005	0.008	0.008	0.004
					2	0.3	0.482					0.010		
					3							0.000		
9	3.72	3.92	0.4	0.49	1	0.1	0.401	0.196	0.269	0.057	0.004	0.008	0.008	0.003
					2	0.29	0.177					0.004		
					3							0.000		
10	4.12	4.32	0.4	0.42	1	0.06	0.376	0.168	0.3225	0.054	0.004	0.008	0.008	0.003
					2	0.25	0.269					0.005		
					3							0.000		
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2				0.000									
	3				0.000									
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2				0.000									
	3				0.000									
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2				0.000									
	3				0.000									
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2				0.000									
	3				0.000									
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2				0.000									
	3				0.000									
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2				0.000									
	3				0.000									

CAUDAL TOTAL (m³/s)	1.116	Error Caudal Total (m³/s)	0.045
----------------------------	--------------	----------------------------------	--------------

Ficha Registro Datos de Aforo			
Datos Generales			
Nombre Canal	BELLAVISTA		
Nº Aforo	3		
Fecha	03/08/2014	Hora Inicio	15:25
		Hora Terminó	17:30
Hidromensuras	Mauricio Cuetzaco - Cristian Urrutia		
Datos Punto de Referencia (PR)			
Coordenada Norte (m)	6678827	Coordenada Este (m)	300858
Descripción	PAF 3, Km 3+837		
Mapografía		Fotografía	
			

Datos Aforo				Cálculos Aforo			
Altura de Agua Inicial	0.72 m	Cant. Tot. de Subsecciones	16				
Altura de Agua Intermedia	m	Método	3 (2 Puntos o 3 Puntos)				
Altura de Agua Final	0.72 m	Dist. PR-OI	0.76 m				
Tipo Sección	Irregular	Dist. PR-OO	4.97 m				
Ancho Baseal	4.27 m	(O: Orilla Insuperior/O: Orilla Inferior)					

Subsección Nº	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la Vertical de Cada	Ancho (m) al	Prof. Total (m)	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0.7	0.83	0.266	0.73	1	0.05	0.042	0.061	0.631	0.002	0.003	0.001	0.001	0.003
					2	0.14	0.02					0.000		
					3							0.000		
2	0.966	1.096	0.266	0.63	1	0.13	0.148	0.108	0.171	0.029	0.004	0.003	0.003	0.009
					2	0.38	0.232					0.005		
					3	0.5	0.133					0.003		
3	1.252	1.362	0.266	0.68	1	0.14	0.233	0.181	0.237	0.043	0.005	0.005	0.005	0.002
					2	0.41	0.254					0.005		
					3	0.54	0.224					0.004		
4	1.498	1.628	0.266	0.71	1	0.14	0.282	0.188	0.250333333	0.047	0.005	0.006	0.005	0.002
					2	0.43	0.255					0.005		
					3	0.57	0.214					0.004		
5	1.764	1.894	0.266	0.73	1	0.15	0.296	0.194	0.235333333	0.046	0.005	0.006	0.005	0.002
					2	0.44	0.226					0.005		
					3	0.58	0.186					0.004		
6	2.03	2.16	0.266	0.71	1	0.14	0.222	0.189	0.160666667	0.034	0.005	0.004	0.004	0.002
					2	0.43	0.178					0.003		
					3	0.57	0.142					0.003		
7	2.296	2.426	0.266	0.74	1	0.15	0.239	0.197	0.149	0.029	0.005	0.005	0.005	0.002
					2	0.44	0.131					0.003		
					3	0.60	0.077					0.002		
8	2.562	2.692	0.266	0.73	1	0.15	0.341	0.194	0.154	0.030	0.006	0.007	0.007	0.002
					2	0.44	0.077					0.002		
					3	0.58	0.044					0.001		
9	2.828	2.958	0.266	0.73	1	0.15	0.414	0.194	0.247	0.048	0.005	0.008	0.008	0.003
					2	0.44	0.223					0.004		
					3	0.58	0.104					0.002		
10	3.094	3.224	0.266	0.73	1	0.15	0.454	0.194	0.425333333	0.083	0.005	0.010	0.010	0.004
					2	0.44	0.436					0.008		
					3	0.58	0.395					0.007		
11	3.36	3.49	0.266	0.73	1	0.15	0.539	0.200	0.475	0.065	0.005	0.011	0.011	0.005
					2	0.45	0.511					0.010		
					3	0.6	0.375					0.008		
12	3.626	3.756	0.266	0.77	1	0.15	0.604	0.205	0.466666667	0.066	0.005	0.012	0.012	0.005
					2	0.46	0.545					0.011		
					3	0.62	0.26					0.005		
13	3.892	4.022	0.266	0.81	1	0.16	0.56	0.215	0.526666667	0.113	0.005	0.012	0.012	0.005
					2	0.49	0.563					0.011		
					3	0.65	0.424					0.008		
14	4.158	4.288	0.266	0.82	1	0.16	0.539	0.218	0.514333333	0.112	0.005	0.011	0.011	0.005
					2	0.49	0.582					0.012		
					3	0.65	0.422					0.008		
15	4.424	4.554	0.266	0.83	1	0.17	0.487	0.221	0.437333333	0.097	0.005	0.010	0.010	0.005
					2	0.5	0.485					0.010		
					3	0.66	0.34					0.007		
16	4.69	4.82	0.266	0.8	1	0.16	0.434	0.213	0.393666667	0.084	0.005	0.009	0.009	0.004
					2	0.48	0.363					0.008		
					3	0.64	0.304					0.007		

CAUDAL TOTAL (m³/s)	0.987	Error Caudal Total (m³/s)	0.049
---------------------	-------	---------------------------	-------

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: REG. LAURESTA

Nº Aforo: 36

Fecha: 04 06 2014 Hora Inicio: 9:25 Hora Termina: 11:10

Administración: Municipio Guapata - Cristian Umaza

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 6678437 Coordenada Este (m): 302656

Descripción: PAF 36, Km 3-937

Diagrama de un aforo en un canal con una regla y puntos de medición.

Fotografía del sitio de aforo en un canal natural.

Datos Aforo										Cálculos Aforo				
Altura de Agua Inicial		0,71 m		Cant. Tot. de Subsecciones		16								
Altura de Agua Intermedia		m		Método		3		(2 Puntos o 3 Puntos)						
Altura de Agua Final		0,72 m		Del. PR-Ci		0,72 m								
Tip. Sección		Irregular		Del. PR-OD		4,97 m								
Ancho Base		4,24 m		p/ Or. (avanzado, Or. Detenido)										
Subsección Nº	Dist. Horizontal (m)	Dist. a la vertical de Corte	Ancho (m)	Prof. Total (m)	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0,72	0,80	0,267	0,27	1	0,05	0,063	0,073	0,046	0,003	0,003	0,001	0,001	0,000
					2	0,16	0,029					0,001		
					3							0,000		
2	0,997	1,127	0,267	0,67	1	0,13	0,153	0,167	0,134	0,022	0,004	0,003	0,003	0,001
					2	0,36	0,179					0,004		
					3	0,5	0,07					0,001		
3	1,26	1,39	0,267	0,69	1	0,14	0,238	0,183	0,214333333	0,009	0,005	0,005	0,005	0,002
					2	0,41	0,206					0,005		
					3	0,55	0,139					0,003		
4	1,527	1,657	0,267	0,72	1	0,14	0,238	0,191	0,231666667	0,044	0,005	0,005	0,005	0,002
					2	0,43	0,257					0,004		
					3	0,58	0,203					0,004		
5	1,79	1,92	0,267	0,74	1	0,15	0,238	0,196	0,156666667	0,036	0,005	0,005	0,005	0,002
					2	0,44	0,196					0,003		
					3	0,59	0,153					0,003		
6	2,053	2,183	0,267	0,72	1	0,14	0,245	0,191	0,171333333	0,033	0,005	0,005	0,005	0,002
					2	0,43	0,156					0,003		
					3	0,58	0,113					0,002		
7	2,32	2,45	0,267	0,78	1	0,15	0,279	0,183	0,149666667	0,024	0,005	0,006	0,005	0,002
					2	0,44	0,12					0,002		
					3	0,58	0,08					0,001		
8	2,587	2,717	0,267	0,72	1	0,14	0,339	0,161	0,161333333	0,031	0,005	0,007	0,007	0,002
					2	0,43	0,14					0,005		
					3	0,58	0,09					0,005		
9	2,87	2,98	0,267	0,72	1	0,14	0,439	0,181	0,286	0,054	0,005	0,005	0,004	0,003
					2	0,43	0,25					0,002		
					3	0,58	0,169					0,002		
10	3,133	3,263	0,267	0,72	1	0,14	0,495	0,181	0,448666667	0,045	0,005	0,010	0,010	0,004
					2	0,43	0,477					0,007		
					3	0,58	0,308					0,007		
11	3,39	3,51	0,267	0,74	1	0,15	0,572	0,196	0,471666667	0,064	0,005	0,010	0,011	0,005
					2	0,44	0,503					0,007		
					3	0,58	0,358					0,007		
12	3,647	3,777	0,267	0,77	1	0,15	0,582	0,204	0,428333333	0,087	0,005	0,012	0,012	0,005
					2	0,46	0,499					0,007		
					3	0,62	0,207					0,004		
13	3,91	4,04	0,267	0,78	1	0,16	0,560	0,207	0,547	0,112	0,005	0,012	0,012	0,005
					2	0,47	0,58					0,005		
					3	0,62	0,454					0,005		
14	4,173	4,303	0,267	0,79	1	0,16	0,490	0,206	0,494666667	0,097	0,005	0,010	0,010	0,005
					2	0,47	0,48					0,007		
					3	0,62	0,475					0,008		
15	4,44	4,57	0,267	0,82	1	0,16	0,495	0,217	0,426666667	0,089	0,005	0,006	0,006	0,004
					2	0,49	0,432					0,007		
					3	0,68	0,329					0,007		
16	4,707	4,837	0,267	0,8	1	0,16	0,381	0,212	0,369666667	0,078	0,005	0,007	0,007	0,003
					2	0,48	0,46					0,007		
					3	0,64	0,378					0,008		

CAUDAL TOTAL (m³/s): 0,937 Error Caudal Total (m³/s): 0,047

Ficha Registro Datos de Marea

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

Nº Marea: 4

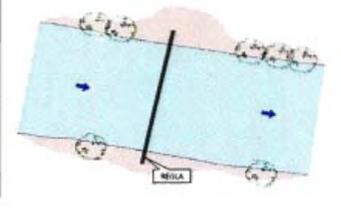
Fecha: 04/06/2014 Hora Inicio: 11:55 Hora Término: 13:05

Responsable: MARCELO GONZALEZ - CRONIST UTMETA

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 6679375 Coordenada Este (m): 301831

Descripción: RAF. A. Km 6-341




Datos Marea

Altura de Agua Inicial: 0.00 m Cant. Tot. de Subsecciones: 10

Altura de Agua Intermedia: 0.53 m Menos: 2 Y 3 (2 Puntos o 3 Puntos)

Altura de Agua Final: 0.53 m Del PR (i): 2.92 m

Tipo Sección: Irregular Del PR (d): 8.22 m

Ancho Base: 3.70 m p/º Otra altura/Alt. Otra Sección:

Calculos Marea

Subsección Nº	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la vertical de Caida	Ancho (m) a	Prof. Total (m) A	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal			
1	0.22	0.42	0.37	0.37	1	0.11	0.318	0.711	0.2805	0.058	0.005	0.006	0.003			
					2	0.34	0.243							0.005	0.006	0.003
					3									0.000		
2	0.59	0.78	0.37	0.61	1	0.12	0.470	0.708	0.39599667	0.060	0.006	0.008	0.004			
					2	0.37	0.369							0.006	0.008	0.004
					3	0.49	0.315							0.006		
3	0.90	1.17	0.37	0.92	1	0.12	0.482	0.729	0.37468667	0.061	0.005	0.008	0.004			
					2	0.37	0.389							0.006	0.008	0.004
					3	0.5	0.248							0.006		
4	1.33	1.32	0.37	0.97	1	0.12	0.548	0.726	0.46388667	0.108	0.005	0.008	0.005			
					2	0.37	0.472							0.006	0.008	0.005
					3	0.49	0.371							0.007		
5	1.7	1.69	0.37	0.68	1	0.12	0.676	0.733	0.58	0.135	0.005	0.013	0.006			
					2	0.38	0.609							0.006	0.013	0.006
					3	0.5	0.455							0.008		
6	2.87	2.26	0.37	0.62	1	0.12	0.982	0.726	0.572	0.126	0.005	0.013	0.008			
					2	0.37	0.582							0.006	0.013	0.008
					3	0.46	0.472							0.008		
7	2.44	2.63	0.37	0.6	1	0.12	0.56	0.222	0.501	0.111	0.005	0.011	0.005			
					2	0.36	0.515							0.006	0.011	0.005
					3	0.49	0.403							0.008		
8	2.81	3	0.37	0.59	1	0.12	0.462	0.218	0.4662	0.100	0.005	0.006	0.004			
					2	0.36	0.428							0.006	0.006	0.004
					3									0.000		
9	3.18	3.37	0.37	0.6	1	0.12	0.382	0.221	0.24233333	0.063	0.005	0.006	0.003			
					2	0.36	0.277							0.006	0.006	0.003
					3	0.48	0.188							0.004		
10	3.33	3.74	0.37	0.54	1	0.11	0.303	0.207	0.266	0.055	0.005	0.006	0.002			
					2	0.34	0.229							0.006	0.006	0.002
					3									0.000		
11					1			0.000			0.000	0.000				
					2									0.000	0.000	0.000
					3									0.000		
12					1			0.000			0.000	0.000				
					2									0.000	0.000	0.000
					3									0.000		
13					1			0.000			0.000	0.000				
					2									0.000	0.000	0.000
					3									0.000		
14					1			0.000			0.000	0.000				
					2									0.000	0.000	0.000
					3									0.000		
15					1			0.000			0.000	0.000				
					2									0.000	0.000	0.000
					3									0.000		
16					1			0.000			0.000	0.000				
					2									0.000	0.000	0.000
					3									0.000		
18					1			0.000			0.000	0.000				
					2									0.000	0.000	0.000
					3									0.000		
19					1			0.000			0.000	0.000				
					2									0.000	0.000	0.000
					3									0.000		

CAUDAL TOTAL (m³/s) **0.882** Error Caudal Total (m³/s) **0.042**

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Aforo: 5

Fecha: 04 DE 2014 Hora Inicio: 14:40 Hora Término: 15:50

Hidromensuras: Mauricio Ocasio - Cristian Uribe

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 6080116 Coordenada Este (m): 301247

Descripción: PAF 5, Km 5-054

Monografía

Fotografía

Datos Aforo				Cálculos Aforo			
Altura de Agua Inicial	<u>0.72</u> m	Cant. Tot. de Subsecciones	<u>10</u>				
Altura de Agua Intermedia	<u> </u> m	Método	<u>3</u>	(2 Puntos o 3 Puntos)			
Altura de Agua Final	<u>0.72</u> m	Dist. PR-C1	<u>4.33</u> m				
Tubo Sección	<u>Irregular</u>	Dist. PR-OD	<u>0.1</u> m				
Ancho Base	<u>3.85</u> m	(O: Orilla Superior/OO: Orilla Derecha)					

Subsección N°	Dist. Horizontal (m) A1	Dist. A la vertical de Cacho	Ancho (m) a1	Prof. Total (m)	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.1	0.69	0.385	0.70	1	0.15	0.433	0.793	0.30266667	0.068	0.006	0.000	0.009	0.004
					2	0.46	0.292							
					3	0.61	0.282							
2	0.885	1.075	0.385	0.77	1	0.15	0.464	0.796	0.37333333	0.111	0.006	0.009	0.009	0.006
					2	0.46	0.367							
					3	0.62	0.289							
3	1.27	1.46	0.385	0.77	1	0.15	0.299	0.799	0.21	0.062	0.006	0.003	0.006	0.003
					2	0.46	0.171							
					3	0.62	0.16							
4	1.655	1.845	0.385	0.71	1	0.14	0.346	0.773	0.257	0.070	0.005	0.005	0.007	0.003
					2	0.43	0.269							
					3	0.57	0.157							
5	2.04	2.23	0.385	0.72	1	0.14	0.368	0.777	0.274	0.076	0.006	0.006	0.008	0.004
					2	0.43	0.26							
					3	0.58	0.144							
6	2.425	2.615	0.385	0.72	1	0.14	0.414	0.777	0.246	0.068	0.006	0.005	0.008	0.004
					2	0.43	0.226							
					3	0.58	0.096							
7	2.81	3	0.385	0.69	1	0.14	0.406	0.766	0.36366667	0.103	0.005	0.008	0.010	0.005
					2	0.41	0.411							
					3	0.55	0.162							
8	3.195	3.385	0.385	0.69	1	0.14	0.563	0.766	0.468	0.124	0.005	0.011	0.011	0.006
					2	0.41	0.495							
					3	0.55	0.348							
9	3.58	3.77	0.385	0.69	1	0.14	0.521	0.766	0.32066667	0.085	0.006	0.006	0.010	0.004
					2	0.41	0.298							
					3	0.55	0.143							
10	3.965	4.155	0.385	0.64	1	0.13	0.401	0.746	0.28	0.083	0.005	0.005	0.008	0.003
					2	0.38	0.256							
					3	0.51	0.183							
11					1			0.000	-	-	0.000	0.000	0.000	
					2									
					3									
12					1			0.000	-	-	0.000	0.000	0.000	
					2									
					3									
13					1			0.000	-	-	0.000	0.000	0.000	
					2									
					3									
14					1			0.000	-	-	0.000	0.000	0.000	
					2									
					3									
15					1			0.000	-	-	0.000	0.000	0.000	
					2									
					3									
16					1			0.000	-	-	0.000	0.000	0.000	
					2									
					3									

CAUDAL TOTAL (m³/s) 0.986
Error Caudal Total (m³/s) 0.041

Fecha Registro Datos de Aforo															
Datos Generales															
Nombre Canal		BELLAVISTA													
N° Aforo		08													
Fecha		05 DE 2014				Hora Inicio				10:25		Hora Término		11:20	
Hidrotopografía		Municipio Quevedo - Crispin Urbina													
Datos Punto de Referencia (PR)															
Contenedora Norte (m)		6561261				Coordenada Este (m)				799108					
Determinación		PAF 68, Vol. 12-384													
Datos Aforo															
Altura de Agua Inicial		0.53		m		Cant. Tol. de Subapoyos		10							
Altura de Agua Intermedia				m		Número		2							
Altura de Agua Final		0.53		m		Dist. PR-OI		4.00							
Tipo Sección		Irregular				Dist. PR-OU		0.12							
Ancho Basal		3.88		m		Vel. Cría (aproximada) Cría Derecha)									
Cálculos Aforo															
Subsección N°	Dist. Horizontal (m - A)	Dist. A la vertical de Codo	Ancho (m) a	Prof. Total (m) A	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0.12	0.31	0.388	0.34	1	0.11	0.185	0.210	0.1785	0.037	0.005	0.003	0.003	0.002	
					2	0.32	0.192					0.004			
					3							0.000			
2	0.508	0.698	0.388	0.36	1	0.11	0.349	0.217	0.3845	0.064	0.005	0.007	0.003	0.003	
					2	0.34	0.42					0.006			
					3							0.000			
3	0.896	1.086	0.388	0.37	1	0.11	0.523	0.221	0.9025	0.111	0.006	0.010	0.010	0.006	
					2	0.34	0.482					0.010			
					3							0.000			
4	1.284	1.474	0.388	0.36	1	0.11	0.593	0.217	0.5425	0.117	0.005	0.012	0.012	0.005	
					2	0.34	0.488					0.010			
					3							0.000			
5	1.672	1.862	0.388	0.37	1	0.11	0.803	0.221	0.871	0.126	0.005	0.012	0.012	0.005	
					2	0.34	0.539					0.011			
					3							0.000			
6	2.06	2.25	0.388	0.34	1	0.11	0.855	0.210	0.8145	0.129	0.005	0.013	0.013	0.008	
					2	0.32	0.574					0.011			
					3							0.000			
7	2.448	2.638	0.388	0.34	1	0.11	0.613	0.210	0.567	0.119	0.005	0.012	0.012	0.005	
					2	0.32	0.521					0.010			
					3							0.000			
8	2.836	3.026	0.388	0.49	1	0.1	0.58	0.190	0.567	0.108	0.004	0.012	0.012	0.005	
					2	0.29	0.504					0.011			
					3							0.000			
9	3.224	3.414	0.388	0.43	1	0.09	0.475	0.175	0.4555	0.080	0.004	0.010	0.010	0.004	
					2	0.27	0.436					0.009			
					3							0.000			
10	3.612	3.802	0.388	0.35	1	0.07	0.397	0.130	0.2965	0.034	0.004	0.008	0.008	0.002	
					2	0.21	0.214					0.004			
					3							0.000			
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000		
	2			0.000											
	3			0.000											
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000		
	2			0.000											
	3			0.000											
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000		
	2			0.000											
	3			0.000											
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000		
	2			0.000											
	3			0.000											
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000		
	2			0.000											
	3			0.000											
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000		
	2			0.000											
	3			0.000											
CAUDAL TOTAL (m³/s)											0.845	Error Caudal Total (m³/s)		0.041	

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Aforo: 7

Fecha: 06/06/2014 Hora Inicio: 12:25 Hora Término: 13:10

Hidromensuras: Mauricio Quezada Castián Uribe

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 6581068 Coordenada Este (m): 287731

Descripción: PAF 7, Km 141+79

Monografía

Fotografía

Datos Aforo				Cálculos Aforo			
Altura de Agua Inicial:	<u>0.51</u> m	Cant. Tor. de Subsecciones:	<u>10</u>				
Altura de Agua Intermedia:	<u> </u> m	Método:	<u>2</u>	(2 Puntos o 3 Puntos)			
Altura de Agua Final:	<u>0.52</u> m	Dist. PR-O:	<u>0.49</u> m				
Tipo Sección:	<u>Irregular</u>	Dist. PR-OO:	<u>3.43</u> m				
Ancho Basal:	<u>3.05</u> m	(O: Orilla Izquierda/OO: Orilla Derecha)					

Subsección N°	Dist. Horizontal (m. A)	Dist. A la vertical de Caida	Ancho (m) #	Prof. Total (m) A	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0.4	0.53	0.205	0.39	1	0.08	0.617	0.119	0.6255	0.076	0.003	0.013	0.012	0.004
					2	0.23	0.654					0.013		
					3							0.000		
2	0.765	0.853	0.305	0.47	1	0.09	1.017	0.143	0.977	0.140	0.004	0.020	0.000	0.003
					2	0.28	0.937					0.016		
					3							0.000		
3	1.01	1.16	0.305	0.52	1	0.1	1.060	0.156	1.060	0.174	0.004	0.022	0.022	0.008
					2	0.31	1.112					0.023		
					3							0.000		
4	1.315	1.463	0.305	0.58	1	0.12	1.089	0.177	1.1015	0.195	0.004	0.027	0.022	0.009
					2	0.35	1.114					0.027		
					3							0.000		
5	1.62	1.77	0.305	0.53	1	0.11	0.87	0.162	0.903	0.146	0.004	0.017	0.017	0.003
					2	0.32	0.906					0.018		
					3							0.000		
6	1.923	2.073	0.305	0.47	1	0.09	0.53	0.143	0.63	0.090	0.004	0.013	0.013	0.004
					2	0.28	0.63					0.013		
					3							0.000		
7	2.28	2.38	0.305	0.47	1	0.09	0.617	0.143	0.538	0.077	0.004	0.012	0.012	0.004
					2	0.28	0.461					0.009		
					3							0.000		
8	2.535	2.683	0.305	0.44	1	0.09	0.344	0.134	0.3205	0.043	0.004	0.007	0.007	0.002
					2	0.26	0.297					0.006		
					3							0.000		
9	2.84	2.99	0.305	0.38	1	0.08	0.09	0.116	0.0885	0.010	0.003	0.002	0.002	0.001
					2	0.23	0.087					0.002		
					3							0.000		
10	3.143	3.293	0.305	0.31	1	0.06	0.007	0.065	0.004	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
					2	0.19	0.001					0.000		
					3							0.000		
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					

CAUDAL TOTAL (m³/s)	0.352	Error Caudal Total (m³/s)	0.344
----------------------------	--------------	----------------------------------	--------------

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Aforo: 8

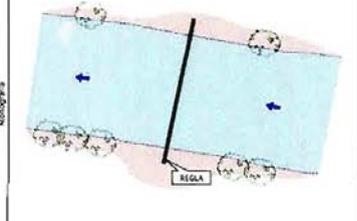
Fecha: 05.06.2014 Hora Inicio: 15:20 Hora Término: 16:10

Hidromedidor: Manojo Quezada - Cristian Urbina

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 699500 Coordenada Este (m): 796739

Destinación: PAF 8, Km 15+490




Datos Aforo

Altura de Agua Inicial: 0.53 m Can. Tot. de Subsecciones: 10

Altura de Agua Intermedias: m Módulo: 2 (2 Puntos o 3 Puntos)

Altura de Agua Final: 0.53 m Del PR-Or: 0.20 m

Tipo Sección: Irregular Del PR-OD: 3.67 m

Ancho Baseal: 3.37 m (Or. Orta izquierda/OD Orta Derecha)

Cálculo Aforo

Subsección N°	Dist. Horizontal (m. H)	Dist. A la vertical de Caida	Ancho (m) B	Prof. Total (m) b1	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.7	0.47	0.337	0.29	1	0.06	0.142	0.066	0.272	0.027	0.003	0.003	0.003	0.001
					2	0.17	0.402					0.008		
					3							0.000		
2	0.687	0.407	0.337	0.51	1	0.1	0.771	0.172	0.8215	0.141	0.004	0.015	0.015	0.006
					2	0.31	0.872					0.017		
					3							0.000		
3	0.974	1.744	0.337	0.59	1	0.12	0.865	0.196	0.8675	0.176	0.005	0.017	0.017	0.008
					2	0.35	0.91					0.016		
					3							0.000		
4	1.811	1.481	0.337	0.59	1	0.12	0.84	0.196	0.7805	0.155	0.005	0.017	0.017	0.007
					2	0.35	0.721					0.014		
					3							0.000		
5	1.648	1.816	0.337	0.55	1	0.11	0.754	0.186	0.7205	0.130	0.004	0.015	0.015	0.006
					2	0.33	0.647					0.013		
					3							0.000		
6	1.985	2.355	0.337	0.51	1	0.1	0.732	0.172	0.6515	0.112	0.004	0.011	0.015	0.005
					2	0.31	0.571					0.005		
					3							0.000		
7	2.322	2.492	0.337	0.57	1	0.1	0.717	0.172	0.61	0.105	0.004	0.014	0.014	0.005
					2	0.31	0.503					0.010		
					3							0.000		
8	2.659	2.829	0.337	0.46	1	0.09	0.514	0.156	0.5325	0.083	0.004	0.010	0.010	0.004
					2	0.26	0.553					0.011		
					3							0.000		
9	2.996	3.166	0.337	0.43	1	0.09	0.186	0.145	0.2955	0.030	0.004	0.004	0.004	0.001
					2	0.26	0.225					0.005		
					3							0.000		
10	3.333	3.503	0.337	0.28	1	0.06	0.027	0.064	0.0225	0.007	0.003	0.001	0.001	0.000
					2	0.17	0.016					0.002		
					3							0.000		
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2				0.000									
	3				0.000									
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2				0.000									
	3				0.000									
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2				0.000									
	3				0.000									
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2				0.000									
	3				0.000									
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2				0.000									
	3				0.000									
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2				0.000									
	3				0.000									

CAUDAL TOTAL (m³/s) **0.961** Error Caudal Total (m³/s) **0.043**

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N. Aforo: 9

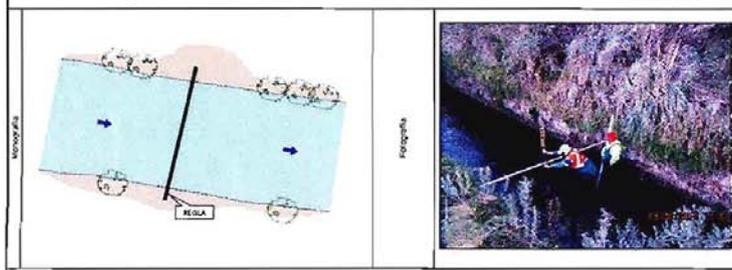
Fecha: 05/06/2014 Hora Inicio: 17:30 Hora Término: 17:56

Identificadores: Manuel Cuatrecasas Cristian Urteaga

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 9862094 Coordenada Este (m): 295662

Descripción: PAF 9, Km 11-445



Datos Aforo

Altura de Agua Inicial: 0.51 m Cant. Tot. de Subsecciones: 10

Altura de Agua Intermedia: m Método: 2 (2 Puntos o 3 Puntos)

Altura de Agua Final: 0.51 m Dist. PR-OI: 2.77 m

Topo Sección: Irregular Dist. PR-CD: 0.28 m

Ancho Baseal: 3.45 m (Dist. Orilla Izquierda-Orilla Derecha)

Cálculos Aforo

Subsección N°	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la vertical de Corte	Ancho (m)	Prof. Total (m)	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.28	0.45	0.345	0.4	1	0.00	0.258	0.135	0.258	0.036	0.004	0.005	0.002
					2	0.27	0.248					0.005	
					3							0.000	
2	0.625	0.795	0.345	0.1	1	0.1	0.47	0.173	0.471	0.081	0.004	0.008	0.004
					2	0.3	0.472					0.009	
					3							0.000	
3	0.97	1.14	0.345	0.54	1	0.11	0.552	0.166	0.575	0.107	0.004	0.011	0.005
					2	0.32	0.566					0.012	
					3							0.000	
4	1.315	1.485	0.345	0.56	1	0.11	0.666	0.190	0.661	0.128	0.005	0.013	0.006
					2	0.34	0.656					0.009	
					3							0.000	
5	1.66	1.83	0.345	0.54	1	0.11	0.7	0.183	0.712	0.130	0.004	0.014	0.008
					2	0.32	0.724					0.009	
					3							0.000	
6	2.065	2.175	0.345	0.3	1	0.1	0.562	0.173	0.604	0.104	0.004	0.012	0.006
					2	0.3	0.616					0.012	
					3							0.000	
7	2.45	2.52	0.345	0.2	1	0.1	0.521	0.173	0.4935	0.085	0.004	0.010	0.004
					2	0.3	0.496					0.009	
					3							0.000	
8	2.695	2.865	0.345	0.57	1	0.1	0.473	0.176	0.4550	0.090	0.004	0.009	0.004
					2	0.31	0.438					0.009	
					3							0.000	
9	3.04	3.21	0.345	0.1	1	0.1	0.41	0.173	0.3756	0.095	0.004	0.007	0.003
					2	0.3	0.341					0.007	
					3							0.000	
10	3.385	3.555	0.345	0.58	1	0.08	0.394	0.131	0.3735	0.040	0.004	0.007	0.002
					2	0.23	0.363					0.007	
					3							0.000	
11					1			0.000	-	-	0.000	0.000	-
					2							0.000	
					3							0.000	
12					1			0.000	-	-	0.000	0.000	-
					2							0.000	
					3							0.000	
13					1			0.000	-	-	0.000	0.000	-
					2							0.000	
					3							0.000	
14					1			0.000	-	-	0.000	0.000	-
					2							0.000	
					3							0.000	
15					1			0.000	-	-	0.000	0.000	-
					2							0.000	
					3							0.000	
16					1			0.000	-	-	0.000	0.000	-
					2							0.000	
					3							0.000	

CAUDAL TOTAL (m³/s) 0.865 Error Caudal Total (m³/s) 0.039

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: DELLAVISTA

N° Aforo: 98

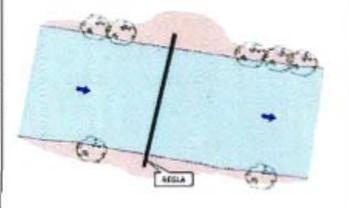
Fecha: 05.06.2014 Hora Inicia: 9:35 Hora Término: 10:30

Medicaciones: Mauro Quiroga - Cristian Urueta

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 9827294 Coordenada Este (m): 295962

Descripción: PAF 98 km 17-440




Datos Aforo										Cálculos Aforo				
Altura de Agua Inicial		0.50 m		Cant. Tot. de Subsecciones		10								
Altura de Agua Intermedia		m		Módulo		2		(2 Puntos a 3 Puntos)						
Altura de Agua Final		0.51 m		Cant. PR-Cl		2.72 m								
Tipo Sección		Irregular		Cant. PR-CD		0.29 m								
Ancho Canal		3.88 m		JOY (Otra Tabla) (C/D) Orilla Derecha										
Subsección N°	Dist. Horizontal (m) - A _i	Dist. A la vertical de Cauda	Ancho (m) a _i	Prof. Total (m) A _i	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0.21	0.43	0.344	0.4	1	0.08	0.285	0.135	0.256	0.035	0.004	0.035	0.002	0.002
					2	0.24	0.247					0.005		
					3							0.000		
2	0.624	0.794	0.344	0.5	1	0.3	0.435	0.172	0.456	0.078	0.004	0.005	0.009	0.003
					2	0.5	0.472					0.010		
					3							0.000		
3	0.968	1.138	0.344	0.54	1	0.11	0.563	0.186	0.57	0.106	0.004	0.011	0.011	0.005
					2	0.32	0.572					0.017		
					3							0.001		
4	1.312	1.482	0.344	0.55	1	0.11	0.684	0.189	0.662	0.131	0.004	0.014	0.014	0.006
					2	0.33	0.702					0.014		
					3							0.000		
5	1.656	1.826	0.344	0.54	1	0.11	0.7	0.186	0.719	0.134	0.004	0.014	0.014	0.006
					2	0.32	0.738					0.015		
					3							0.000		
6	2	2.17	0.344	0.71	1	0.1	0.679	0.175	0.6575	0.115	0.004	0.014	0.014	0.005
					2	0.31	0.636					0.013		
					3							0.000		
7	2.544	2.514	0.344	0.5	1	0.1	0.502	0.172	0.4995	0.086	0.004	0.010	0.010	0.004
					2	0.3	0.497					0.010		
					3							0.000		
8	2.688	2.858	0.344	0.53	1	0.1	0.463	0.175	0.447	0.073	0.004	0.008	0.008	0.003
					2	0.31	0.371					0.007		
					3							0.000		
9	3.052	3.202	0.344	0.3	1	0.1	0.429	0.172	0.386	0.066	0.004	0.008	0.008	0.003
					2	0.3	0.343					0.007		
					3							0.000		
10	3.376	3.545	0.344	0.29	1	0.08	0.392	0.134	0.3865	0.052	0.004	0.006	0.006	0.002
					2	0.29	0.389					0.006		
					3							0.000		
11					1			0.000			0.000	0.000	-	
					2									0.000
					3									0.000
12					1			0.000			0.000	0.000	-	
					2									0.000
					3									0.000
13					1			0.000			0.000	0.000	-	
					2									0.000
					3									0.000
14					1			0.000			0.000	0.000	-	
					2									0.000
					3									0.000
15					1			0.000			0.000	0.000	-	
					2									0.000
					3									0.000
16					1			0.000			0.000	0.000	-	
					2									0.000
					3									0.000
CAUDAL TOTAL (m³/s)											6.877	Error Caudal Total (m³/s)		0.039

Ficha Registro Datos de Afloje															
Datos Generales															
Nombre Canal		BELLAVISTA													
N° Afloje		10													
Fecha		06 DE 2014				Hora Inicio		11:35		Hora Término				12:05	
Hidromensuras		Mauricio Custado - Christian Luján													
Datos Punto de Referencia (PR)															
Coordenada Norte (m)		9983131				Coordenada Este (m)		295132							
Desplazador		PAF 10, Km 10+816													
Datos Afloje															
Altura de Agua Inicial		0.67 m		Cant. Tor de Subsecciones		10									
Altura de Agua Intermedia				Método		2 (2 Puntos o 3 Puntos)									
Altura de Agua Final		0.67 m		Dist. PR-Gl		0.20 m									
Tipo Sección		Irregular		Dist. PR-OD		3.74 m									
Ancho Baseal		3.54 m		(D= Difer. espaldas OD -D=le Orzas)											
Cálculos Área															
Subsección N°	Dist. Horizontal (m) A1	Dist. A la vertical de Cada	Ancho (m) A2	Prof. Total (m) A1	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal		
1	0.2	0.55	0.54	0.36	1	0.11	0.555	0.198	0.521	0.099	0.005	0.011	0.011	0.004	
					2	0.34	0.447					0.000			
					3							0.000			
2	0.554	0.734	0.54	0.58	1	0.12	0.757	0.306	0.7065	0.145	0.005	0.015	0.015	0.005	
					2	0.35	0.608					0.013			
					3							0.000			
3	0.908	1.088	0.54	0.67	1	0.13	0.86	0.297	0.66733333	0.158	0.005	0.017	0.017	0.007	
					2	0.4	0.779					0.016			
					3	0.53	0.363					0.007			
4	1.262	1.442	0.54	0.63	1	0.13	0.879	0.730	0.406	0.064	0.005	0.014	0.014	0.005	
					2	0.39	0.326					0.007			
					3	0.52	0.219					0.004			
5	1.616	1.796	0.54	0.64	1	0.13	0.512	0.727	0.239	0.054	0.005	0.010	0.010	0.004	
					2	0.39	0.17					0.003			
					3	0.51	0.005					0.001			
6	1.97	2.15	0.54	0.4	1	0.13	0.473	0.727	0.259	0.057	0.005	0.009	0.009	0.003	
					2	0.4	0.234					0.005			
					3	0.54	0.01					0.000			
7	2.324	2.504	0.54	0.64	1	0.13	0.451	0.227	0.190	0.044	0.005	0.006	0.006	0.003	
					2	0.36	0.144					0.003			
					3	0.51	0.004					0.001			
8	2.678	2.858	0.54	0.67	1	0.12	0.307	0.219	0.194666667	0.042	0.005	0.007	0.007	0.002	
					2	0.27	0.139					0.003			
					3	0.5	0.066					0.002			
9	3.032	3.212	0.54	0.58	1	0.12	0.269	0.705	0.4305	0.086	0.005	0.008	0.008	0.004	
					2	0.35	0.463					0.005			
					3							0.000			
10	3.386	3.566	0.54	0.44	1	0.09	0.377	0.156	0.4145	0.089	0.004	0.006	0.006	0.003	
					2	0.29	0.512					0.010			
					3							0.003			
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000		
					2							0.000			
					3							0.000			
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000		
					2							0.000			
					3							0.000			
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	-	
					2							0.000			
					3							0.000			
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	-	
					2							0.000			
					3							0.000			
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	-	
					2							0.000			
					3							0.000			
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	-	
					2							0.000			
					3							0.000			
CAUDAL TOTAL (m³/s)											0.851	Error Caudal Total (m³/s)		0.042	

Ficha Registro Datos de Abisa

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Abisa: 11

Fecha: 06.06.2014 Hora Inicial: 14:35 Hora Final: 15:35

Administración: Municipio Cuaceta - Orizaba Veracruz

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 663450 Coordenada Este (m): 293004

Descripción: PMP 11, Km 27-508

Mapa

Fotografía

Datos Abisa										Cálculos Abisa				
Altura de Agua Inicial	0.50	m	Carri. Tot. de Subsecciones	10										
Altura de Agua Intermedia		m	Módulo	3 X 3										
Altura de Agua Final	0.50	m	Dist. PR-O1	0.47	m									
Tubo Sección	Irregular		Dist. PR-O2	1.87	m									
Ancho Base	3.30	m												
Subsección N°	Dist. Horizontal (m)	Dist. a la vertical de Puntos	Ancho (m) ϕ	Prof. Total (m) H	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0.47	0.64	0.236	0.29	1	0.12	0.064	0.196	0.062	0.010	0.006	0.007	0.002	0.001
					2	0.20	0.01					0.000		
					3							0.000		
2	0.606	0.476	0.226	0.29	1	0.12	0.223	0.196	0.1525	0.030	0.006	0.004	0.004	0.002
					2	0.25	0.002					0.002		
					3							0.000		
3	1.142	1.012	0.226	0.4	1	0.12	0.307	0.202	0.142	0.022	0.005	0.005	0.008	0.002
					2	0.26	0.00					0.002		
					3	0.48	0.029					0.001		
4	1.478	1.648	0.226	0.29	1	0.12	0.402	0.196	0.4055	0.081	0.005	0.010	0.010	0.004
					2	0.20	0.205					0.007		
					3							0.000		
5	1.874	1.994	0.226	0.6	1	0.12	0.664	0.202	0.571	0.115	0.005	0.013	0.013	0.005
					2	0.26	0.022					0.012		
					3	0.48	0.43					0.009		
6	2.12	2.22	0.226	0.62	1	0.12	0.78	0.206	0.660	0.139	0.005	0.016	0.016	0.006
					2	0.27	0.228					0.015		
					3	0.5	0.450					0.016		
7	2.659	2.816	0.226	0.62	1	0.12	0.794	0.205	0.67233703	0.139	0.005	0.014	0.014	0.006
					2	0.27	0.607					0.014		
					3	0.49	0.551					0.011		
8	2.822	2.992	0.226	0.62	1	0.12	0.695	0.208	0.540333333	0.114	0.005	0.014	0.014	0.005
					2	0.27	0.573					0.011		
					3	0.5	0.38					0.006		
9	3.228	3.228	0.226	0.62	1	0.12	0.537	0.212	0.35509067	0.075	0.005	0.011	0.011	0.004
					2	0.26	0.220					0.007		
					3	0.5	0.204					0.004		
10	3.494	3.664	0.226	0.27	1	0.11	0.402	0.192	0.340	0.096	0.005	0.008	0.008	0.003
					2	0.26	0.289					0.006		
					3							0.000		
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
CAUDAL TOTAL (m³/s)											0.986	Error Caudal Total (m³/s)		0.023

Ficha Registro Datos de Aforo			
Datos Generales			
Nombre Canal	BELLAVISTA		
N° Aforo	12		
Fecha	06/05/2014	Hora Inicio	16:50
		Hora Termina	18:00
Hidromensuras	Mauricio Ocasio - Cristian Uribe		
Datos Punto de Referencia (PR)			
Coordenada Norte (m)	6685092	Coordenada Este (m)	292257
Descripción	PAF 12 Km 24+562		

Datos Aforo				Cálculos Aforo			
Altura de Agua Inicial	0.61	m	Cant. Tol. de Subsecciones	15			
Altura de Agua Intermedia		m	Método	2 Y 3	(2 Puntos o 3 Puntos)		
Altura de Agua Final	0.61	m	Dist. PR-Or	3.23	m		
Tipo Sección	Irregular		Dist. PR-CD	0.45	m		
Ancho Basal	4.85	m	PZ Orta espesor CD Orta Densidad				

Subsección N°	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la vertical de Caida	Ancho (m) al	Prof. Total (m)	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.35	0.51	0.305	0.53	1	0.11	0.132	0.168	0.1045	0.018	0.004	0.003	0.001
					2	0.33	0.089					0.002	
					3							0.000	
2	0.665	0.815	0.305	0.6	1	0.12	0.31	0.183	0.23	0.042	0.005	0.006	0.002
					2	0.36	0.26					0.005	
					3	0.48	0.12					0.002	
3	0.97	1.12	0.305	0.6	1	0.12	0.485	0.183	0.345	0.063	0.005	0.010	0.003
					2	0.36	0.360					0.007	
					3	0.48	0.183					0.004	
4	1.275	1.425	0.305	0.6	1	0.12	0.541	0.183	0.374666667	0.060	0.005	0.011	0.003
					2	0.36	0.245					0.005	
					3	0.48	0.038					0.001	
5	1.78	1.78	0.305	0.64	1	0.12	0.552	0.186	0.303333333	0.049	0.005	0.011	0.003
					2	0.37	0.175					0.004	
					3	0.49	0.06					0.001	
6	1.885	2.035	0.305	0.59	1	0.12	0.542	0.180	0.4596	0.063	0.004	0.011	0.004
					2	0.35	0.377					0.006	
					3							0.000	
7	2.19	2.34	0.305	0.62	1	0.12	0.702	0.180	0.545	0.103	0.005	0.014	0.005
					2	0.37	0.536					0.011	
					3	0.5	0.367					0.006	
8	2.493	2.643	0.305	0.61	1	0.12	0.667	0.196	0.591	0.110	0.005	0.013	0.006
					2	0.37	0.636					0.013	
					3	0.49	0.47					0.000	
9	2.8	2.95	0.305	0.61	1	0.12	0.54	0.196	0.456666667	0.085	0.005	0.011	0.004
					2	0.37	0.469					0.009	
					3	0.49	0.361					0.007	
10	3.105	3.255	0.305	0.59	1	0.12	0.430	0.180	0.3765	0.068	0.004	0.009	0.003
					2	0.35	0.314					0.006	
					3							0.000	
11	3.41	3.56	0.305	0.58	1	0.12	0.269	0.177	0.2205	0.030	0.004	0.005	0.002
					2	0.35	0.172					0.003	
					3							0.000	
12	3.715	3.865	0.305	0.61	1	0.12	0.194	0.186	0.060333333	0.017	0.005	0.004	0.001
					2	0.37	0.06					0.001	
					3	0.49	0.017					0.000	
13	4.02	4.17	0.305	0.62	1	0.12	0.195	0.189	0.076666667	0.014	0.005	0.004	0.001
					2	0.37	0.025					0.001	
					3	0.5	0.01					0.000	
14	4.325	4.475	0.305	0.63	1	0.13	0.103	0.197	0.043	0.008	0.005	0.002	0.001
					2	0.37	0.016					0.000	
					3	0.5	0.01					0.000	
15	4.63	4.78	0.305	-	1			#VALOR!			#VALOR!	0.000	0.000
					2							0.000	
					3							0.000	
16	4.935	5.085	0.305	-	1			#VALOR!			#VALOR!	0.000	-
					2							0.000	
					3							0.000	

CAUDAL TOTAL (m³/s)	0.748	Error Caudal Total (m³/s)	0.859
---------------------	-------	---------------------------	-------

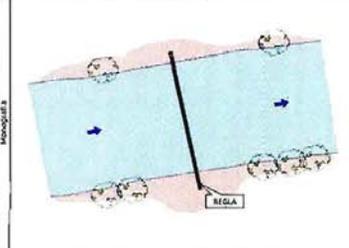
Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA
 N° Aforo: 126
 Fecha: 07/06/2014 Hora Inicio: 9:35 Hora Término: 10:40
 Homomorfismo: Mancha Quezada - Cráter Limulá

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 6685263 Coordenada Este (m): 292205
 Descripción: RAF 126, Km 25-020




Datos Aforos												Cálculo Aforo			
Altura de Agua Inicial		0.36 m		Cant. Tot. de Subsecciones		16									
Altura de Agua Intermedia		m		Método		2		(2 Puntos a 3 Puntos)							
Altura de Agua Final		0.36 m		Dist. PR-01		3.78 m									
Tipo Sección		Irregular		Dist. PR-00		6.59 m									
Ancho Base		4.75 m				(D ₁ entre 0.500 y 0.900)									
Subsección N°	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la Vertical de Caudal (m)	Ancho (m) al	Prof. Total (m) al	Pendientes Verticales	Pendiente (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0.59	0.54	0.299	0.4	1	0.08	0.414	0.120	0.348	0.042	0.003	0.008	0.008	0.002	
					2	0.24	0.264					0.006			
					3							0.000			
2	0.689	0.639	0.299	0.4	1	0.06	0.543	0.120	0.523	0.063	0.003	0.011	0.011	0.003	
					2	0.24	0.503					0.010			
					3							0.000			
3	0.988	1.158	0.299	0.4	1	0.08	0.63	0.120	0.576	0.069	0.003	0.013	0.013	0.004	
					2	0.24	0.527					0.011			
					3							0.000			
4	1.287	1.427	0.299	0.28	1	0.08	0.609	0.114	0.510	0.065	0.003	0.012	0.012	0.003	
					2	0.22	0.532					0.011			
					3							0.000			
5	1.586	1.736	0.299	0.36	1	0.07	0.632	0.106	0.566	0.063	0.003	0.013	0.013	0.003	
					2	0.22	0.545					0.011			
					3							0.000			
6	1.885	2.035	0.299	0.36	1	0.07	0.633	0.108	0.574	0.062	0.003	0.010	0.013	0.003	
					2	0.22	0.516					0.000			
					3							0.000			
7	2.184	2.334	0.299	0.36	1	0.07	0.625	0.106	0.610	0.066	0.003	0.013	0.013	0.003	
					2	0.22	0.596					0.012			
					3							0.000			
8	2.483	2.633	0.299	0.35	1	0.07	0.6	0.106	0.549	0.057	0.003	0.012	0.012	0.003	
					2	0.21	0.496					0.000			
					3							0.000			
9	2.782	2.932	0.299	0.37	1	0.07	0.579	0.111	0.529	0.059	0.003	0.012	0.012	0.003	
					2	0.22	0.479					0.010			
					3							0.000			
10	3.081	3.231	0.299	0.36	1	0.07	0.591	0.108	0.530	0.058	0.003	0.012	0.012	0.003	
					2	0.22	0.485					0.010			
					3							0.000			
11	3.38	3.53	0.299	0.36	1	0.07	0.576	0.108	0.511	0.056	0.003	0.009	0.012	0.003	
					2	0.22	0.446					0.000			
					3							0.000			
12	3.679	3.829	0.299	0.36	1	0.07	0.488	0.108	0.437	0.047	0.003	0.010	0.010	0.002	
					2	0.22	0.305					0.006			
					3							0.000			
13	3.978	4.128	0.299	0.36	1	0.07	0.406	0.108	0.342	0.037	0.003	0.004	0.008	0.002	
					2	0.22	0.281					0.000			
					3							0.000			
14	4.277	4.427	0.299	0.37	1	0.07	0.414	0.111	0.381	0.042	0.003	0.008	0.008	0.002	
					2	0.22	0.348					0.007			
					3							0.000			
15	4.576	4.726	0.299	0.36	1	0.07	0.331	0.106	0.304	0.033	0.003	0.007	0.007	0.002	
					2	0.22	0.277					0.006			
					3							0.000			
16	4.875	5.025	0.299	0.34	1	0.07	0.131	0.102	0.106	0.011	0.003	0.003	0.003	0.001	
					2	0.2	0.08					0.002			
					3							0.000			

CAUDAL TOTAL (m³/s) **0.828** Error Caudal Total (m³/s) **0.043**

Ficha Registro Caudal de Agua

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Aforo: 13

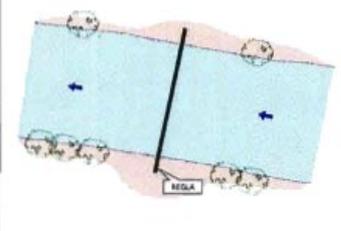
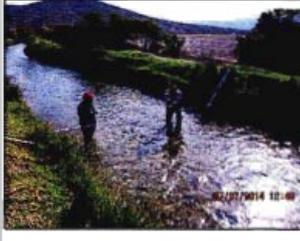
Fecha: 07.06.2014 Hora Inicio: 11:45 Hora Termina: 12:50

Información: Municipio Orosoma - Ordesa Limba

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (N): 908708 Coordenada Este (E): 290103

Descripción: RAF 13 Km 77+078

Datos Aforo										Cálculos Aforo				
Altura de Agua Inicial		<u>0.35</u> m	Cant. Tar de Subsecciones		<u>16</u>									
Altura de Agua Intermedia		<u> </u> m	Método		<u>2</u> (2 Puntos o 3 Puntos)									
Altura de Agua Final		<u>0.35</u> m	Dist. PR-O1		<u>0.28</u> m									
Tipo Sección		<u>Irregular</u>	Dist. PR-O0		<u>3.82</u> m									
Ancho Base		<u>5.54</u> m	(O: Orda Izquierda/OO Orda Derecha)											
Subsección N°	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la Vertical de Caudal	Ancho (m)	Prof. Total (m)	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0.28	0.47	0.349	0.27	1	0.04	0.015	0.073	0.0125	0.001	0.003	0.000	0.000	
					2	0.13	0.01					0.000		
					3							0.000		
2	0.628	0.790	0.349	0.24	1	0.05	0.306	0.063	0.376	0.027	0.003	0.007	0.007	
					2	0.14	0.30					0.000		
					3							0.000		
3	0.972	1.142	0.348	0.27	1	0.05	0.628	0.060	0.556	0.052	0.003	0.013	0.013	
					2	0.16	0.479					0.010		
					3							0.000		
4	1.318	1.489	0.348	0.29	1	0.06	0.898	0.100	0.578	0.058	0.003	0.017	0.017	
					2	0.17	0.548					0.011		
					3							0.000		
5	1.664	1.834	0.348	0.31	1	0.06	0.896	0.107	0.505	0.064	0.003	0.013	0.013	
					2	0.19	0.519					0.010		
					3							0.000		
6	2.01	2.38	0.346	0.34	1	0.07	0.794	0.118	0.747	0.068	0.003	0.015	0.015	
					2	0.2	0.73					0.015		
					3							0.000		
7	2.356	2.726	0.346	0.38	1	0.08	0.777	0.131	0.832	0.081	0.004	0.016	0.016	
					2	0.23	0.607					0.012		
					3							0.000		
8	2.702	3.072	0.346	0.36	1	0.07	0.779	0.123	0.896	0.087	0.004	0.016	0.016	
					2	0.22	0.62					0.012		
					3							0.000		
9	3.048	3.418	0.346	0.37	1	0.07	0.7	0.126	0.626	0.081	0.004	0.014	0.014	
					2	0.22	0.559					0.011		
					3							0.000		
10	3.394	3.764	0.346	0.38	1	0.07	0.715	0.121	0.639	0.077	0.003	0.014	0.014	
					2	0.21	0.563					0.011		
					3							0.000		
11	3.74	4.11	0.346	0.34	1	0.07	0.542	0.118	0.595	0.070	0.003	0.013	0.013	
					2	0.2	0.551					0.011		
					3							0.000		
12	4.086	4.456	0.346	0.27	1	0.05	0.585	0.093	0.5275	0.050	0.003	0.012	0.012	
					2	0.16	0.480					0.010		
					3							0.000		
13	4.432	4.802	0.346	0.22	1	0.04	0.576	0.076	0.4975	0.036	0.003	0.012	0.012	
					2	0.13	0.417					0.006		
					3							0.000		
14	4.778	5.148	0.346	0.22	1	0.04	0.571	0.076	0.523	0.040	0.003	0.011	0.011	
					2	0.13	0.475					0.010		
					3							0.000		
15	5.124	5.494	0.346	0.22	1	0.04	0.422	0.073	0.44	0.032	0.003	0.010	0.010	
					2	0.13	0.368					0.006		
					3							0.000		
16	5.47	5.84	0.346	0.2	1	0.04	0.263	0.069	0.226	0.016	0.003	0.006	0.006	
					2	0.12	0.190					0.004		
					3							0.000		
CAUDAL TOTAL (m³/s)											3.871	Error Caudal Total (m³/s)		0.048

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N. Aforo: 14

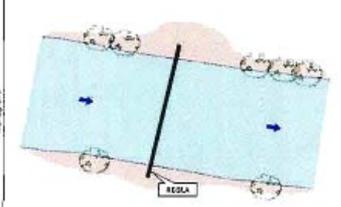
Fecha: 07.06.2014 Hora Inicio: 14:30 Hora Término: 15:15

Microsecciónes: Masterio Cruzada - Cristian LUNA

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 666354 Coordenada Este (m): 290407

Descripción: PAF 14, Km. 30-457




Datos Aforo				Cálculos Aforo	
Altura de Agua Inicial	<u>0.48</u> m	Cant. Tot. de Subsecciones	<u>10</u>		
Altura de Agua Intermedia	<u> </u> m	Módulo	<u>2</u>	(2 Puntos o 3 Puntos)	
Altura de Agua Final	<u>0.48</u> m	Dist. PR-O1	<u>0.24</u> m		
Tipo Sección	<u>Irregular</u>	Dist. PR-O2	<u>3.62</u> m		
Ancho Basal	<u>3.58</u> m	[R. Ordo. (ordenado) O2, Ordo. Descen.]			

Subsección N°	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la vertical de Onda	Ancho (m)	Prof. Total (m)	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.24	0.42	0.258	0.41	1	0.08	0.528	0.147	0.520	0.077	0.004	0.011	0.011	0.004
					2	0.25	0.517							
					3									
2	0.598	0.778	0.258	0.43	1	0.09	0.727	0.154	0.685	0.106	0.004	0.013	0.015	0.005
					2	0.20	0.646							
					3									
3	0.956	1.136	0.258	0.47	1	0.09	0.755	0.154	0.703	0.104	0.004	0.013	0.015	0.005
					2	0.20	0.651							
					3									
4	1.214	1.494	0.258	0.43	1	0.09	0.767	0.181	0.695	0.112	0.004	0.013	0.015	0.005
					2	0.27	0.62							
					3									
5	1.672	1.852	0.258	0.46	1	0.09	0.782	0.165	0.846	0.113	0.004	0.012	0.016	0.005
					2	0.23	0.594							
					3									
6	2.02	2.21	0.258	0.49	1	0.1	0.726	0.175	0.851	0.114	0.004	0.012	0.015	0.005
					2	0.20	0.576							
					3									
7	2.468	2.568	0.258	0.43	1	0.09	0.622	0.161	0.545	0.091	0.004	0.010	0.012	0.004
					2	0.27	0.506							
					3									
8	2.746	2.926	0.258	0.44	1	0.09	0.489	0.158	0.458	0.072	0.004	0.009	0.010	0.003
					2	0.20	0.429							
					3									
9	3.104	3.284	0.258	0.43	1	0.09	0.264	0.154	0.224	0.034	0.004	0.004	0.005	0.002
					2	0.20	0.184							
					3									
10	3.462	3.642	0.258	0.38	1	0.08	0.066	0.136	0.056	0.008	0.004	0.000	0.002	0.000
					2	0.23	0.023							
					3									
11					1			0.000			0.000	0.000	-	
					2									
					3									
12					1			0.000			0.000	0.000	-	
					2									
					3									
13					1			0.000			0.000	0.000	-	
					2									
					3									
14					1			0.000			0.000	0.000	-	
					2									
					3									
15					1			0.000			0.000	0.000	-	
					2									
					3									
16					1			0.000			0.000	0.000	-	
					2									
					3									

CAUDAL TOTAL (m³/s)	0.833	Error Caudal Total (m³/s)	0.039
----------------------------	--------------	----------------------------------	--------------

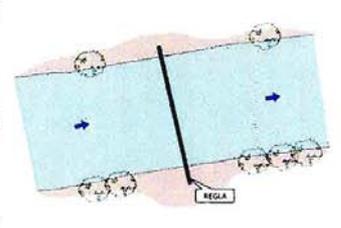
Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA
 N° Aforo: 15
 Fecha: 07.06.2014 Hora Inicio: 16:25 Hora Término: 17:05
 Hidromensuras: Mauricio Quispe Cristian Uruña

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 5586079 Coordenada Este (m): 290149
 Descripción: PAF 15, Km 31+711




Datos Aforo

Altura de Agua Inicial: 0.35 m Curs. Tot. de Subsecciones: 10
 Altura de Agua Intermedia: m Método: 2 (2 Puntos o 3 Puntos)
 Altura de Agua Final: 0.35 m Dist. PR-OI: 4.50 m
 Tipo Sección: Irregular Dist. PR-OO: 0.62 m
 Ancho Basal: 3.80 m N° de Orillas (Orilla Izquierda/Orilla Derecha):

Subsección N°	DIR. Horizontal (m)	Dist. A la vertical de OI/OO	Ancho (m) a	Prof. Total (m) Af	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0.62	0.81	0.888	0.88	1	0.08	0.454	0.147	0.4575	0.067	0.004	0.009	0.009	0.003
					2	0.23	0.451					0.009		
					3							0.009		
7	1.068	1.188	0.888	0.88	1	0.08	0.714	0.147	0.671	0.099	0.004	0.014	0.014	0.005
					2	0.23	0.628					0.013		
					3							0.009		
3	1.896	1.886	0.888	0.88	1	0.08	0.856	0.147	0.8225	0.121	0.004	0.017	0.017	0.006
					2	0.23	0.78					0.016		
					3							0.009		
4	1.784	1.974	0.888	0.88	1	0.07	0.85	0.136	0.7685	0.107	0.004	0.017	0.017	0.006
					2	0.21	0.723					0.014		
					3							0.009		
5	2.172	2.862	0.888	0.84	1	0.07	0.833	0.132	0.778	0.103	0.004	0.017	0.017	0.006
					2	0.2	0.723					0.014		
					3							0.009		
6	2.56	2.75	0.888	0.81	1	0.08	0.801	0.129	0.7515	0.099	0.003	0.016	0.016	0.005
					2	0.19	0.702					0.014		
					3							0.009		
7	2.948	3.188	0.888	0.81	1	0.06	0.775	0.120	0.7055	0.085	0.003	0.016	0.016	0.004
					2	0.10	0.638					0.013		
					3							0.009		
8	3.336	3.526	0.888	0.8	1	0.06	0.724	0.116	0.6755	0.079	0.003	0.014	0.014	0.004
					2	0.18	0.627					0.013		
					3							0.009		
9	3.724	3.914	0.888	0.75	1	0.05	0.68	0.097	0.6695	0.064	0.003	0.014	0.014	0.003
					2	0.15	0.659					0.013		
					3							0.009		
10	4.112	4.302	0.888	0.78	1	0.04	0.404	0.070	0.404	0.028	0.003	0.008	0.008	0.003
					2							0.009		
					3							0.009		
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	-
					2				0.000					
					3				0.000					
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					

CAUDAL TOTAL (m³/s) **0.843** Error Caudal Total (m³/s) **0.042**

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

Nº Aforo: 158

Fecha: 02 DE 2014 Hora Inicio: 9:35 Hora Término: 10:20

Indicadores: Municipio Guizado - Cristian Limón

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 899020 Coordenada Este (m): 290149

Descripción: PAF 158, Km 31-711

Diagrama esquemático del canal de aforo con puntos de medición y una línea de referencia.

Fotografía del sitio de aforo en un campo con árboles y personas.

Datos Aforo				Cálculos Aforo			
Altura de Agua Inicial	<u>0.34</u> m	Cant. Tor de Subsecciones	<u>10</u>				
Altura de Agua Intermedia	<u> </u> m	Nición	<u>2</u>	(2 Puntos o 3 Puntos)			
Altura de Agua Final	<u>0.33</u> m	Dist. PR-O1	<u>4.50</u> m				
Tipo Sección	<u>Irregular</u>	Dist. PR-O2	<u>0.58</u> m				
Ancho Base	<u>3.92</u> m	(O1 Orilla Izquierda/O2 Orilla Derecha)					

Subsección Nº	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la vertical de O1/O2	Ancho (m) ϕ	Prof. Total (m) Δ	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Velocidad Medía (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0.58	0.78	0.392	0.27	1	0.07	0.445	0.145	0.4106	0.060	0.004	0.000	0.006	0.003
					2	0.22	0.375					0.008		
					3							0.000		
2	0.972	1.172	0.392	0.26	1	0.08	0.723	0.149	0.67	0.100	0.004	0.014	0.014	0.005
					2	0.23	0.617					0.012		
					3							0.000		
3	1.364	1.564	0.392	0.28	1	0.08	0.843	0.149	0.7915	0.119	0.004	0.017	0.017	0.006
					2	0.23	0.752					0.015		
					3							0.000		
4	1.756	1.956	0.392	0.24	1	0.07	0.857	0.133	0.8006	0.107	0.004	0.017	0.017	0.005
					2	0.2	0.744					0.015		
					3							0.000		
5	2.148	2.348	0.392	0.33	1	0.07	0.819	0.129	0.7475	0.097	0.004	0.016	0.016	0.005
					2	0.2	0.676					0.014		
					3							0.000		
6	2.54	2.74	0.392	0.31	1	0.06	0.824	0.122	0.7565	0.092	0.004	0.015	0.016	0.005
					2	0.19	0.693					0.014		
					3							0.000		
7	2.932	3.132	0.392	0.2	1	0.06	0.768	0.118	0.6966	0.082	0.003	0.015	0.015	0.004
					2	0.18	0.625					0.013		
					3							0.000		
8	3.324	3.524	0.392	0.26	1	0.06	0.733	0.110	0.6925	0.076	0.003	0.015	0.015	0.004
					2	0.17	0.652					0.013		
					3							0.000		
9	3.716	3.916	0.392	0.24	1	0.06	0.648	0.094	0.6156	0.068	0.003	0.013	0.013	0.003
					2	0.14	0.583					0.012		
					3							0.000		
10	4.108	4.308	0.392	0.17	1	0.03	0.405	0.067	0.406	0.027	0.003	0.008	0.008	0.003
					2							0.000		
					3							0.000		
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		

CAUDAL TOTAL (m³/s)	9.817	Error Caudal Total (m³/s)	0.041
---------------------------------------	--------------	---	--------------

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Aforo: 16

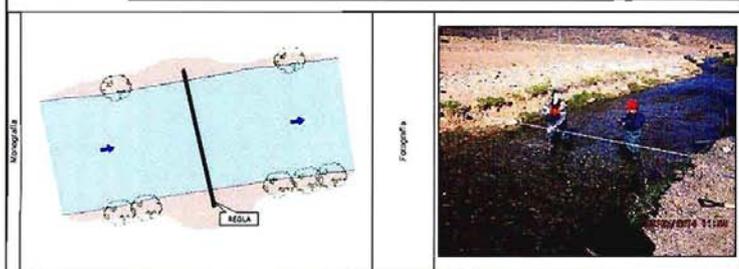
Fecha: 09.06.2014 Hora Inicio: 10:55 Hora Término: 11:50

Hidromensuros: Mauricio Quezada Cristian Umbla

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 666752 Coordenada Este (m): 789423

Denominación: PAF 16, Km 32-887



Datos Aforo

Altura de Agua Inicial: 0.26 m Cani. Tot. de Subsecciones: 15

Altura de Agua Intermedia: 0.26 m Método: 7 (2 Puntos o 3 Puntos)

Altura de Agua Final: 0.26 m Dist. PR-01: 3.09 m

Tipo Sección: Irregular Dist. PR-02: 0.57 m

Ancho Baseal: 4.52 m (Ø Orilla Izquierda/Ø Orilla Derecha)

Subsección N°	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la vertical de Cauda (m)	Ancho (m)	Prof. Total (m)	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.57	0.71	0.262	0.28	6.28	0.05	0.302	0.079	0.319	0.070	0.003	0.007	0.007	0.002
						0.17	0.306							
						0.000								
2	0.852	0.992	0.262	0.32	6.32	0.06	0.672	0.090	0.809	0.066	0.003	0.014	0.014	0.003
						0.19	0.541							
						0.000								
3	1.154	1.274	0.262	0.33	6.33	0.07	0.719	0.093	0.631	0.059	0.003	0.011	0.014	0.002
						0.2	0.545							
						0.000								
4	1.416	1.556	0.262	0.32	6.29	0.06	0.821	0.082	0.76	0.062	0.003	0.016	0.016	0.004
						0.17	0.696							
						0.000								
5	1.698	1.858	0.262	0.29	6.29	0.06	0.824	0.082	0.765	0.063	0.003	0.016	0.016	0.004
						0.17	0.713							
						0.000								
6	1.98	2.12	0.262	0.29	6.29	0.06	0.822	0.082	0.783	0.064	0.003	0.016	0.016	0.004
						0.17	0.744							
						0.000								
7	2.262	2.402	0.262	0.33	6.33	0.07	0.773	0.093	0.687	0.054	0.003	0.015	0.015	0.004
						0.2	0.601							
						0.000								
8	2.544	2.664	0.262	0.23	6.23	0.05	0.926	0.074	0.787	0.066	0.003	0.017	0.017	0.003
						0.15	0.748							
						0.000								
9	2.826	2.986	0.262	0.27	6.27	0.05	0.842	0.078	0.756	0.058	0.003	0.017	0.017	0.003
						0.16	0.671							
						0.000								
10	3.108	3.248	0.262	0.27	6.27	0.05	0.854	0.076	0.795	0.061	0.003	0.017	0.017	0.004
						0.16	0.743							
						0.000								
11	3.39	3.53	0.262	0.23	6.23	0.08	0.743	0.071	0.682	0.047	0.003	0.015	0.015	0.003
						0.15	0.581							
						0.000								
12	3.672	3.812	0.262	0.24	6.24	0.05	0.811	0.066	0.7925	0.054	0.003	0.015	0.015	0.003
						0.14	0.774							
						0.000								
13	3.954	4.094	0.262	0.21	6.21	0.04	0.846	0.053	0.548	0.032	0.002	0.013	0.013	0.002
						0.13	0.45							
						0.000								
14	4.236	4.376	0.262	0.17	6.17	0.03	0.613	0.048	0.613	0.029	0.002	0.012	0.012	0.002
						0.000								
						0.000								
15	4.518	4.658	0.262	0.12	6.12	0.02	0.567	0.034	0.567	0.019	0.002	0.011	0.011	0.002
						0.000								
						0.000								
16	4.8	4.94	0.262	0.06	6.06	0.01	0.288	0.017	0.288	0.005	0.002	0.006	0.006	0.001
						0.000								
						0.000								

CAUDAL TOTAL (m³/s) 0.757 Error Caudal Total (m³/s) 0.044

Ficha Registro Datos de Abtore

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Abtore: 17

Fecha: 09 06 2014 Hora Inicio: 12:45 Hora Término: 13:30

Hidrometreros: Mauricio Quiroz - Cristian Urbina

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 665618 Coordenada Este (m): 267627

Descripción: RAF 17 Km 36-114

Micrografía

Fotografía

Datos Abtore				Cálculos Abtore			
Altura de Agua Inicial	<u>0.55</u> m	Canl. Tot. de Subsecciones	<u>10</u>				
Altura de Agua Intermedia	<u> </u> m	Módulo	<u>7</u> (2 Puntos o 3 Puntos)				
Altura de Agua Final	<u>0.54</u> m	Dist. PR-C1	<u>4.32</u> m				
Tipo Sección	<u>Irregular</u>	Dist. PR-C2	<u>0.7</u> m				
Ancho Base	<u>3.82</u> m	(X Criles Equidistantes/ Criles Directos)					

Subsección N°	Dist. Horizontal (m. - A)	Dist. A la vertical de Corte	Ancho (m) a	Prof. Total (m) A	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0.7	0.89	0.352	0.43	1	0.09	0.168	0.172	0.169	0.029	0.004	0.003	0.003	
					2	0.27	0.17							0.000
					3									
2	3.082	2.272	0.382	0.48	1	0.1	0.321	0.163	0.284	0.052	0.004	0.006	0.005	
					2	0.29	0.247							0.000
					3									
3	3.464	2.634	0.352	0.52	1	0.1	0.42	0.199	0.3726	0.074	0.005	0.008	0.003	
					2	0.31	0.325							0.000
					3									
4	2.845	2.035	0.392	0.54	1	0.11	0.435	0.206	0.392	0.081	0.005	0.007	0.009	
					2	0.32	0.345							0.000
					3									
5	2.228	2.418	0.382	0.55	1	0.11	0.454	0.210	0.418	0.086	0.005	0.010	0.004	
					2	0.33	0.352							0.000
					3									
6	2.87	2.8	0.382	0.54	1	0.11	0.471	0.206	0.421	0.087	0.005	0.009	0.004	
					2	0.32	0.371							0.000
					3									
7	2.992	3.182	0.382	0.59	1	0.11	0.466	0.202	0.4355	0.088	0.005	0.008	0.009	
					2	0.32	0.401							0.000
					3									
8	3.374	3.564	0.352	0.52	1	0.1	0.384	0.199	0.361	0.072	0.005	0.007	0.008	
					2	0.31	0.358							0.000
					3									
9	3.726	3.945	0.382	0.48	1	0.1	0.28	0.183	0.2485	0.048	0.004	0.004	0.006	
					2	0.25	0.217							0.000
					3									
10	4.338	4.328	0.382	0.5	1	0.06	0.108	0.115	0.115	0.013	0.003	0.003	0.012	
					2	0.18	0.123							0.000
					3									
11					1			0.000	-	-	0.000	0.000		
	2			0.000										
	3													
12					1			0.000	-	-	0.000	0.000		
	2			0.000										
	3													
13					1			0.000	-	-	0.000	0.000		
	2			0.000										
	3													
14					1			0.000	-	-	0.000	0.000		
	2			0.000										
	3													
15					1			0.000	-	-	0.000	0.000		
	2			0.000										
	3													
16					1			0.000	-	-	0.000	0.000		
	2			0.000										
	3													

CAUDAL TOTAL (m³/s)	0.829	Error Caudal Total (m³/s)	0.029
---------------------	--------------	---------------------------	--------------

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

Nº Aforo: 18

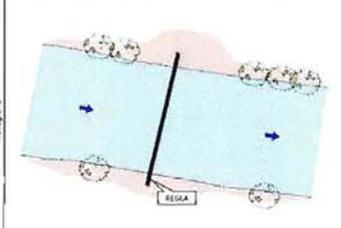
Fecha: 09/06/2014 Hora Inicio: 15:15 Hora Término: 16:05

Hydroingenieros: Mauricio Quezada - Cristian Urrutia

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 666017 Coordenada Este (m): 266517

Densidad: PAF 18, Km 30-878




Datos Aforo				Cálculos Aforo			
Altura de Agua Inicial	<u>0.51</u> m	Car. Tol. de Subsecciones	<u>10</u>				
Altura de Agua Intermedia	<u> </u> m	Método	<u>2</u> (2 Puntos o 3 Puntos)				
Altura de Agua Final	<u>0.51</u> m	Dist. PR-CP	<u>4.42</u> m				
Tipo Sección	<u>Irregular</u>	Dist. PR-OC	<u>0.74</u> m				
Ancho Baseal	<u>3.58</u> m	(R: Omita (puntos/OC) Omita General)					

Subsección Nº	DNI Horizontal (m) - h	Dist. A la vertical de Caida	Ancho (m) B	Prof. Total (m) Ar	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Area (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Area	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.74	0.92	0.368	0.42	1	0.00	0.01	0.151	0.0125	0.002	0.004	0.000	0.000
					2	0.25	0.015					0.000	
					3							0.000	
2	2.108	2.268	0.368	0.45	1	0.09	0.134	0.166	0.0975	0.016	0.004	0.003	0.003
					2	0.27	0.061					0.001	
					3							0.000	
3	2.476	2.656	0.368	0.48	1	0.1	0.156	0.177	0.1475	0.036	0.004	0.004	0.004
					2	0.23	0.1					0.007	
					3							0.000	
4	2.844	2.924	0.368	0.5	1	0.1	0.418	0.184	0.368	0.071	0.004	0.008	0.008
					2	0.3	0.264					0.007	
					3							0.000	
5	2.212	2.392	0.368	0.49	1	0.1	0.561	0.180	0.504	0.091	0.004	0.011	0.004
					2	0.29	0.451					0.005	
					3							0.000	
6	2.58	2.76	0.368	0.47	1	0.09	0.547	0.173	0.46	0.085	0.004	0.011	0.004
					2	0.28	0.433					0.003	
					3							0.000	
7	2.948	3.128	0.368	0.44	1	0.09	0.619	0.162	0.592	0.096	0.004	0.013	0.012
					2	0.26	0.565					0.011	
					3							0.000	
8	3.314	3.494	0.368	0.42	1	0.08	0.575	0.156	0.546	0.085	0.004	0.012	0.013
					2	0.25	0.523					0.010	
					3							0.000	
9	3.681	3.861	0.368	0.4	1	0.08	0.421	0.147	0.4285	0.063	0.004	0.008	0.008
					2	0.24	0.426					0.009	
					3							0.000	
10	4.047	4.227	0.368	0.38	1	0.08	0.204	0.140	0.2095	0.028	0.004	0.004	0.004
					2	0.23	0.197					0.004	
					3							0.000	
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000
					2							0.000	
					3							0.000	
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000
					2							0.000	
					3							0.000	
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000
					2							0.000	
					3							0.000	
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000
					2							0.000	
					3							0.000	
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000
					2							0.000	
					3							0.000	
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000
					2							0.000	
					3							0.000	

CAUDAL TOTAL (m³/s)	6.363	Error Caudal Total (m³/s)	0.226
----------------------------	--------------	----------------------------------	--------------

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Aforo: 30

Fecha: 10 DE 2014 Hora Inicio: 10:00 Hora Término: 11:00

Medicamentos: Mauricio Quezada - Cristian Urzúa

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 6885501 Coordenada Este (m): 264934

Descripción: PAF 70, Km 41-708

Mapa

Fotografía

Datos Aforo										Cálculos Aforo					
Altura de Agua Inicial	0.47	m	Cart. Tor. de Subsecciones	10											
Altura de Agua Inicial Media		m	Método	2											
Altura de Agua Final	0.47	m	Dist. PR-O1	0.55	m										
Tipo Sección	Irregular		Dist. PR-O2	1.57	m										
Ancho Base	3.19	m	(O/ Orilla Izquierda/OO Orilla Derecha)												

Subsección N°	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la vertical de O1/O2	Ancho (m) al	Prof. Total (m) al	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.58	0.54	0.319	0.26	1	0.05	0.087	0.063	0.067	0.008	0.003	0.002	0.002	0.000
					2	0.16	0.127							
					3									
2	0.699	0.859	0.319	0.38	1	0.08	0.389	0.121	0.3496	0.042	0.003	0.006	0.008	0.002
					2	0.23	0.31							
					3									
3	1.018	1.178	0.319	0.42	1	0.08	0.458	0.134	0.382	0.063	0.004	0.007	0.009	0.003
					2	0.25	0.326							
					3									
4	1.337	1.497	0.319	0.45	1	0.09	0.43	0.144	0.3815	0.058	0.004	0.007	0.009	0.003
					2	0.27	0.333							
					3									
5	1.656	1.816	0.319	0.48	1	0.1	0.489	0.153	0.438	0.067	0.004	0.010	0.015	0.003
					2	0.29	0.389							
					3									
6	1.973	2.133	0.319	0.47	1	0.09	0.502	0.150	0.483	0.072	0.004	0.009	0.010	0.003
					2	0.28	0.464							
					3									
7	2.294	2.454	0.319	0.46	1	0.09	0.407	0.147	0.4175	0.061	0.004	0.009	0.008	0.003
					2	0.28	0.428							
					3									
8	2.613	2.773	0.319	0.47	1	0.09	0.35	0.150	0.2965	0.044	0.004	0.005	0.007	0.002
					2	0.28	0.243							
					3									
9	2.932	3.092	0.319	0.45	1	0.09	0.324	0.144	0.3075	0.044	0.004	0.006	0.006	0.002
					2	0.27	0.261							
					3									
10	3.251	3.411	0.319	0.37	1	0.07	0.232	0.118	0.2105	0.025	0.003	0.004	0.005	0.001
					2	0.22	0.189							
					3									
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2									
					3									
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2									
					3									
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2									
					3									
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2									
					3									
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2									
					3									
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2									
					3									

CAUDAL TOTAL (m³/s)	0.472	Error Caudal Total (m³/s)	0.023
----------------------------	--------------	----------------------------------	--------------

Ficha Registro Datos de Altop

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Altop: 21

Fecha: 10.06.2014 Hora Inicio: 12:35 Hora Terminó: 13:15

Volumen: Mancha Quezada - Chelón Limbo

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 992662 Coordenada Este (m): 285211

Desarrolló: Prof. 21, Km 45+133

Mapa

Fotografía

Datos Altop

Altura de Agua Inicial: 0.69 m Carr. Tol. de Subsecciones: 10

Altura de Agua Intermedia: 0.69 m Velocidad: 2.73 (2 Puntos o 3 Puntos)

Altura de Agua Final: 0.69 m Dist. PR-Or: 0.20 m

Tip. Sección: Irregular Dist. PR-OD: 3.51 m

Ancho Base: 3.35 m (Ø Ordo Inicial=Ø Ordo Demarc.)

Subsección N°	Dist. Horizontal (m) A1	Dist. A la vertical de CMB	Ancho (m) a1	Prof. Total (m)	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.2	0.37	0.33	0.69	1	0.12	0.192	0.166	0.1315	0.025	0.005	0.004	0.001	
					2	0.36	0.071					0.001		
					3							0.000		
2	0.355	0.702	0.355	0.68	1	0.14	0.203	0.328	0.1511	0.044	0.005	0.004	0.002	
					2	0.41	0.175					0.004		
					3	0.54	0.115					0.003		
3	0.87	1.04	0.322	0.63	1	0.13	0.395	0.718	0.30333333	0.085	0.005	0.008	0.004	
					2	0.39	0.423					0.008		
					3	0.52	0.359					0.007		
4	1.205	1.375	0.333	0.69	1	0.14	0.426	0.731	0.37333333	0.086	0.005	0.009	0.004	
					2	0.41	0.302					0.008		
					3	0.55	0.302					0.006		
5	1.54	1.71	0.335	0.69	1	0.14	0.377	0.731	0.33966667	0.079	0.005	0.008	0.003	
					2	0.41	0.322					0.006		
					3	0.55	0.32					0.006		
6	2.073	2.043	0.332	0.69	1	0.14	0.279	0.321	0.15688889	0.046	0.005	0.004	0.002	
					2	0.41	0.172					0.004		
					3	0.55	0.146					0.003		
7	2.21	2.88	0.322	0.63	1	0.11	0.126	0.718	0.141	0.022	0.005	0.004	0.001	
					2	0.39	0.092					0.001		
					3	0.52	0.046					0.001		
8	2.742	2.73	0.333	0.6	1	0.12	0.15	0.701	0.061	0.013	0.006	0.003	0.001	
					2	0.36	0.023					0.000		
					3	0.48	0.01					0.000		
9	2.89	3.05	0.335	0.6	1	0.12	0.094	0.301	0.038	0.008	0.006	0.003	0.001	
					2	0.36	0.015					0.000		
					3	0.48	0.005					0.000		
10	3.273	3.383	0.333	0.54	1	0.11	0.021	0.181	0.013	0.002	0.004	0.000	0.000	
					2	0.32	0.005					0.000		
					3							0.000		
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		

CAUDAL TOTAL (m³/s) 0.470 Error Caudal Total (m³/s) 0.020

Ficha Registro Datos de Abrazo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

Nº Abrazo: 27

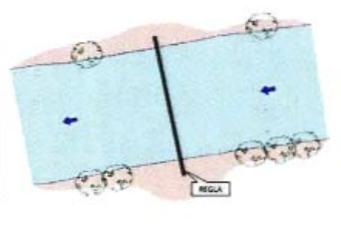
Fecha: 10-06-2014 Hora Inicio: 14:50 Hora Termina: 15:50

Kilómetros: Manuel Quezada - Ciudad Limón

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 0981979 Coordenada Este (m): 265530

Descripción: PMF 22 Km 47-024




Datos Abrazo

Altura de Agua Inicial: 0.42 m Cart. Tar de Subsecciones: 10

Altura de Agua Intermedia: m Método: (2 Puntos o 3 Puntos)

Altura de Agua Final: 0.42 m Cnl. PR-01: 2.76 m

Tipo Sección: Irregular Cnl. PR-02: 0.99 m

Ancho Baseal: 4.22 m (C/ Otro muestreo/C0 Otro Derivado)

Cálculo Abrazo

Subsección Nº	Dist. Horizontal (m. ±)	Dist. A la vertical de Caida	Ancho (m) ±	Prof. Total (m)	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Medía (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal
1	3.76	3.89	0.263	0.71	1	0.06	0.06	0.062	0.0665	0.006	0.003	0.001	0.001	0.000
					2	0.19	0.079					0.002		
					3							0.000		
2	6.023	6.153	0.263	0.4	1	0.06	0.154	0.106	0.186	0.020	0.003	0.003	0.003	0.001
					2	0.24	0.218					0.004		
					3							0.000		
3	6.266	6.416	0.263	0.44	1	0.09	0.349	0.116	0.306	0.035	0.004	0.007	0.007	0.002
					2	0.26	0.203					0.006		
					3							0.000		
4	6.549	6.679	0.263	0.42	1	0.08	0.375	0.110	0.3045	0.034	0.003	0.006	0.006	0.002
					2	0.25	0.234					0.006		
					3							0.000		
5	6.872	7.042	0.263	0.41	1	0.08	0.353	0.108	0.3665	0.031	0.003	0.007	0.007	0.002
					2	0.25	0.218					0.004		
					3							0.000		
6	7.072	7.205	0.263	0.4	1	0.08	0.392	0.105	0.3125	0.033	0.003	0.007	0.007	0.002
					2	0.24	0.203					0.006		
					3							0.000		
7	7.318	7.468	0.263	0.41	1	0.08	0.338	0.108	0.3875	0.031	0.003	0.007	0.007	0.002
					2	0.25	0.237					0.006		
					3							0.000		
8	7.601	7.731	0.263	0.42	1	0.08	0.306	0.110	0.3665	0.036	0.003	0.006	0.006	0.002
					2	0.25	0.225					0.005		
					3							0.000		
9	7.854	7.994	0.263	0.42	1	0.08	0.348	0.110	0.3865	0.032	0.003	0.007	0.007	0.002
					2	0.25	0.229					0.006		
					3							0.000		
10	8.227	8.227	0.263	0.4	1	0.08	0.267	0.105	0.23	0.024	0.003	0.006	0.006	0.001
					2	0.24	0.193					0.004		
					3							0.000		
11	8.39	8.52	0.263	0.34	1	0.07	0.3	0.089	0.2645	0.024	0.003	0.005	0.005	0.001
					2	0.2	0.229					0.003		
					3							0.000		
12	8.658	8.788	0.263	0.35	1	0.07	0.319	0.090	0.2845	0.028	0.003	0.006	0.006	0.001
					2	0.21	0.244					0.003		
					3							0.000		
13	8.918	9.048	0.263	0.37	1	0.07	0.186	0.090	0.1595	0.015	0.003	0.003	0.003	0.001
					2	0.21	0.151					0.003		
					3							0.000		
14	9.179	9.304	0.263	0.32	1	0.06	0.101	0.064	0.0875	0.007	0.003	0.001	0.002	0.000
					2	0.19	0.084					0.001		
					3							0.000		
15	9.442	9.572	0.263	0.29	1	0.06	0.023	0.076	0.014	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000
					2	0.17	0.026					0.000		
					3							0.000		
16	9.705	9.835	0.263	0.26	1	0.05		0.068			0.003	0.000	0.000	0.000
					2	0.16						0.000		
					3							0.000		

CAUDAL TOTAL (m³/s): 0.347 Error Caudal Total (m³/s): 0.019

Ficha Registro Datos de Aforo			
Datos Generales			
Nombre Canal	BELLAVISTA		
N° Aforo	23		
Fecha	10 DE 2014	Hora Inicial	17:15
		Hora Final	17:50
Municipios: Municipio Quezaltenango - Criblon Umbla			
Datos Punto de Referencia (PR)			
Coordenada Norte (m)	668628	Coordenada Este (m)	285242
Descripción: PAF 23, Km 46-505			

Datos Aforo				Cálculos Aforo			
Altura de Agua Inicial	0.50	m	Cant. Tor de Subsecciones	10			
Altura de Agua Intermedia		m	Método	2	(2 Puntos o 3 Puntos)		
Altura de Agua Final	0.50	m	Dist. PR-G1	0.30	m		
Topo Sección	Irregular		Dist. PR-G0	3.67	m		
Ancho Basal	3.37	m	Or: Orilla enmarcos	Orilla Derecha			

Subsección N°	Dist. Horizontal (m) A1	Dist. A la vertical de C/2	Ancho (m) a1	Prof. Total (m) A1	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.8	0.47	0.337	0.47	1	0.09	0.007	0.146	0.006	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000
					2	0.2	0.005					0.000	0.000	0.000
					3							0.000		
2	0.637	0.307	0.337	0.48	1	0.1	0.299	0.182	0.172	0.028	0.004	0.005	0.005	0.002
					2	0.29	0.078					0.002	0.005	0.002
					3							0.000		
3	0.974	1.174	0.337	0.5	1	0.1	0.39	0.169	0.281	0.047	0.004	0.005	0.008	0.002
					2	0.3	0.172					0.002	0.008	0.002
					3							0.000		
4	1.311	1.481	0.337	0.51	1	0.1	0.258	0.172	0.242	0.042	0.004	0.007	0.007	0.002
					2	0.31	0.125					0.002	0.007	0.002
					3							0.000		
5	1.648	1.818	0.337	0.5	1	0.1	0.346	0.155	0.246	0.049	0.004	0.007	0.007	0.002
					2	0.5	0.23					0.005	0.007	0.002
					3							0.000		
6	1.985	2.155	0.337	0.5	1	0.1	0.356	0.169	0.331	0.056	0.004	0.007	0.007	0.003
					2	0.3	0.206					0.006	0.007	0.003
					3							0.000		
7	2.322	2.492	0.337	0.48	1	0.1	0.353	0.162	0.255	0.048	0.004	0.007	0.007	0.002
					2	0.29	0.236					0.005	0.007	0.002
					3							0.000		
8	2.659	2.829	0.337	0.44	1	0.09	0.261	0.148	0.2175	0.034	0.004	0.004	0.005	0.002
					2	0.26	0.194					0.004	0.005	0.002
					3							0.000		
9	2.996	3.166	0.337	0.45	1	0.09	0.22	0.152	0.1856	0.038	0.004	0.004	0.004	0.001
					2	0.27	0.151					0.003	0.004	0.001
					3							0.000		
10	3.333	3.503	0.337	0.45	1	0.09	0.087	0.152	0.046	0.007	0.004	0.002	0.002	0.000
					2	0.27	0.005					0.000	0.002	0.000
					3							0.000		
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		

CAUDAL TOTAL (m³/s)	0.339	Error Caudal Total (m³/s)	0.017
---------------------	-------	---------------------------	-------

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Aforo: 248

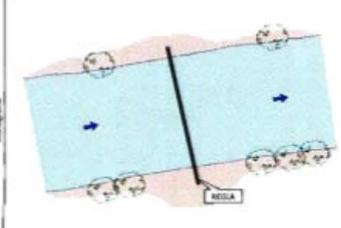
Fecha: 03.07.2014 Hora Inicio: 10:30 Hora Término: 11:45

Hidroingenieros: Humberto Zavala - Cristian Linares

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 9980110 Coordenada Este (m): 285413

Descripción: PAR 748, Km 49-700




Datos Aforo

Altura de Agua Inicial: 0.43 m Corri. Tir de Subsecciones: 10

Altura de Agua Intermedia: m Método: 2 (2 Puntos o 3 Puntos)

Altura de Agua Final: 0.43 m Cal. PR-OI: 0.13 m

Tipo Sección: Irregular Cal. PR-OC: 2.67 m

Ancho Base: 3.70 m JCF Ordo (Superficie Ordo Demosa)

Cálculos Aforo

Subsección N°	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la vertical de Caida	Ancho (m) Δ	Prof. Total (m) A_i	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.22	0.24	0.27	0.7	1	0.08	0.19	0.111	0.125	0.012	0.003	0.004	0.001
					2	0.18	0.2					0.004	
					3							0.000	
2	0.32	0.71	0.87	0.88	1	0.075	0.51	0.147	0.465	0.065	0.004	0.010	0.003
					2	0.23	0.42					0.008	
					3							0.000	
3	0.89	1.08	0.37	0.44	1	0.088	0.617	0.163	0.5775	0.084	0.004	0.012	0.004
					2	0.284	0.538					0.011	
					3							0.000	
4	1.26	1.43	0.37	0.4	1	0.08	0.66	0.148	0.5845	0.088	0.004	0.013	0.004
					2	0.24	0.529					0.011	
					3							0.000	
5	1.65	1.82	0.37	0.4	1	0.08	0.639	0.148	0.58	0.088	0.004	0.013	0.004
					2	0.24	0.521					0.010	
					3							0.000	
6	2	2.39	0.37	0.46	1	0.080	0.661	0.173	0.59	0.100	0.004	0.013	0.005
					2	0.278	0.519					0.010	
					3							0.000	
7	2.37	2.38	0.37	0.43	1	0.088	0.656	0.153	0.568	0.090	0.004	0.013	0.004
					2	0.258	0.478					0.010	
					3							0.000	
8	2.74	2.88	0.37	0.47	1	0.084	0.671	0.174	0.5805	0.102	0.004	0.013	0.005
					2	0.280	0.5					0.010	
					3							0.000	
9	3.11	3.1	0.37	0.47	1	0.084	0.585	0.174	0.5185	0.090	0.004	0.017	0.004
					2	0.280	0.452					0.009	
					3							0.000	
10	3.48	3.67	0.37	0.47	1	0.074	0.400	0.174	0.3665	0.084	0.004	0.008	0.003
					2	0.222	0.391					0.007	
					3							0.000	
11					1			0.000		0.000			
					2				0.000				
					3				0.000				
12					1			0.000		0.000			
					2				0.000				
					3				0.000				
13					1			0.000		0.000			
					2				0.000				
					3				0.000				
14					1			0.000		0.000			
					2				0.000				
					3				0.000				
15					1			0.000		0.000			
					2				0.000				
					3				0.000				
16					1			0.000		0.000			
					2				0.000				
					3				0.000				

CAUDAL TOTAL (m³/s) **0.801** Error Caudal Total (m³/s) **0.008**

Ficha Registro Datos de Agua

Datos Generales

Nombre Canal: RELLAVISTA

Nº Agua: 25

Fecha: 03 07 2014 Hora Inicio: 12:28 Hora Término: 13:17

Medicamentos: Humero Zúñiga - Cristian Urzúa

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 607907 Coordenada Este (m): 285810

Descripción: PA7 25 Km 50+00. Se reanuda después de la quebrada

Mapa topográfico

Fotografía

Datos Agua

Altura de Agua Inicial: 0.37 m Cant. Tot. de Subsecciones: 10

Altura de Agua Intermedia: m Método: 7 (2 Puntos o 3 Puntos)

Altura de Agua Final: 0.37 m Del. PR-O: 2.72 m

Tipo Sección: 31eq.31 Del. PR-OO: 0.12 m

Ancho Canal: 3.57 m (O) Orin (p) Orin (O) Orin (D) Orin (D)

Calcular Altura

Subsección Nº	Dist. Horizontal (m. -A)	Dist. A la vertical de Cofre	Ancho (m) -B	Prof. Total (m) -C	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Area (m ²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m ³ /s)	Error Area	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.74	0.319	0.357	0.32	1	0.064	0.5	0.114	0.427	0.048	0.003	0.010	0.010	0.003
					2	0.102	0.354					0.007		
					3							0.000		
2	0.497	0.676	0.357	0.34	1	0.068	0.676	0.121	0.618	0.075	0.003	0.014	0.014	0.004
					2	0.204	0.550					0.011		
					3							0.000		
3	0.834	1.033	0.357	0.36	1	0.070	0.74	0.129	0.666	0.090	0.004	0.015	0.015	0.004
					2	0.216	0.653					0.013		
					3							0.000		
4	1.231	1.39	0.357	0.34	1	0.089	0.73	0.131	0.715	0.087	0.003	0.014	0.015	0.004
					2	0.204	0.7					0.000		
					3							0.000		
5	1.568	1.747	0.357	0.37	1	0.074	0.77	0.132	0.74	0.088	0.004	0.014	0.015	0.005
					2	0.22	0.71					0.000		
					3							0.000		
6	1.923	2.104	0.357	0.37	1	0.074	0.77	0.137	0.708	0.093	0.004	0.013	0.015	0.006
					2	0.22	0.64					0.000		
					3							0.000		
7	2.282	2.461	0.357	0.38	1	0.076	0.77	0.136	0.696	0.084	0.004	0.015	0.015	0.005
					2	0.228	0.62					0.012		
					3							0.000		
8	2.639	2.818	0.357	0.37	1	0.078	0.77	0.132	0.72	0.096	0.004	0.015	0.015	0.006
					2	0.222	0.67					0.013		
					3							0.000		
9	2.996	3.173	0.357	0.33	1	0.07	0.77	0.125	0.74	0.090	0.004	0.014	0.015	0.005
					2	0.21	0.71					0.000		
					3							0.000		
10	3.353	3.532	0.357	0.2	1	0.12	0.27	0.071	0.27	0.019	0.003	0.005	0.005	0.001
					2							0.000		
					3							0.000		
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2							0.000		
					3							0.000		

CAUDAL TOTAL (m³/s) 0.792 Error Caudal Total (m³/s) 0.020

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Aforo: 268

Fecha: 03/07/2014 Hora Inicio: 14:30 Hora Término: 15:24

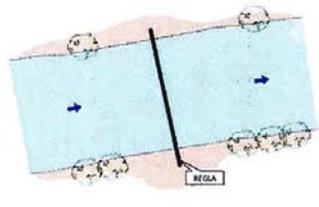
Hydroingeniero: Humberto Zavala - CMOB N°1564

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 6679+85 Coordenada Este (m): 785729

Descripción: PAF 268, Km 50-831

Monografía



Fotografía



Datos Aforo

Altura de Agua Inicial: 0.45 m Carr. Tor. de Subsecciones: 10

Altura de Agua Intermedia: m Método: 2 (2 Puntos o 3 Puntos)

Altura de Agua Final: 0.46 m Dist. PR-C1: 0.20 m

Tipo Sección: Irregular Dist. PR-C2: 3.8 m

Ancho Baseal: 3.50 m (C/ Orde 300m/00, Orde Derivada)

Subseccion N°	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la vertical de Agua	Ancho (m)	Prof. Total (m)	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Velocidad	Error Caudal
1	0.2	0.38	0.38	0.25	1	0.056	0.33	0.101	0.31	0.031	0.003	0.007	0.001	0.002
					2	0.188	0.29					0.000		
					3							0.000		
2	0.56	0.74	0.36	0.54	1	0.068	0.5	0.172	0.435	0.053	0.004	0.010	0.010	0.003
					2	0.7	0.37					0.007		
					3							0.000		
3	0.92	1.1	0.36	0.4	1	0.08	0.55	0.144	0.515	0.074	0.004	0.011	0.011	0.004
					2	0.24	0.48					0.010		
					3							0.000		
4	1.28	1.46	0.36	0.47	1	0.064	0.50	0.151	0.53	0.080	0.004	0.012	0.009	0.012
					2	0.25	0.47					0.009		
					3							0.000		
5	1.64	1.82	0.36	0.43	1	0.089	0.56	0.155	0.53	0.082	0.004	0.011	0.010	0.004
					2	0.256	0.5					0.010		
					3							0.000		
6	2	2.18	0.36	0.44	1	0.066	0.56	0.158	0.53	0.084	0.004	0.012	0.010	0.004
					2	0.264	0.48					0.010		
					3							0.000		
7	2.46	2.54	0.36	0.48	1	0.066	0.56	0.173	0.52	0.090	0.004	0.011	0.010	0.004
					2	0.288	0.49					0.010		
					3							0.000		
8	2.72	2.9	0.36	0.5	1	0.1	0.58	0.180	0.505	0.091	0.004	0.012	0.009	0.012
					2	0.3	0.43					0.009		
					3							0.000		
9	3.08	3.26	0.36	0.48	1	0.096	0.52	0.173	0.5	0.086	0.004	0.010	0.010	0.004
					2	0.288	0.48					0.010		
					3							0.000		
10	3.44	3.62	0.36	0.46	1	0.092	0.37	0.166	0.365	0.060	0.004	0.007	0.007	0.003
					2	0.45	0.36					0.007		
					3							0.000		
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					

CAUDAL TOTAL (m³/s) 0.732 Error Caudal Total (m³/s) 0.035

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELAVISTA

N° Aforo: 37

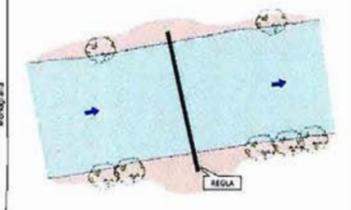
Fecha: 11.06.2014 Hora Inicio: 15:05 Hora Término: 15:50

Historiadores: Mauricio Guzzada Cristian Umata

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 6678219 Coordenada Este (m): 285732

Designación: PAF 37, Km 53-200




Datos Aforo

Altura de Agua Inicial: 0.96 m Cant. Tot. de Subsecciones: 10

Altura de Agua Intermedia: m Método: 2 Y 3 (2 Puntos o 3 Puntos)

Altura de Agua Final: 0.96 m Dist. PR-O1: 0.43 m

Tipo Sección: Irregular Dist. PR-O2: 3.73 m

Ancho Base: 3.28 m (O1 Orilla Izquierda/O2 Orilla Derecha)

Subsección N°	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la vertical de Cero	Ancho (m)	Prof. Total (m)	Pisos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m²)	Velocidad Medía (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Área	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0.43	0.61	0.328	0.21	1	0.05	0.106	0.082	0.086	0.008	0.003	0.007	0.002	0.000
					2	0.15	0.092					0.002		
					3							0.000		
2	0.778	0.928	0.328	0.41	1	0.09	0.107	0.148	0.0695	0.015	0.004	0.002	0.002	0.001
					2	0.27	0.092					0.002		
					3							0.000		
3	1.306	1.366	0.328	0.55	1	0.11	0.212	0.180	0.19	0.034	0.004	0.004	0.004	0.002
					2	0.33	0.168					0.002		
					3							0.000		
4	2.424	2.594	0.328	0.59	1	0.12	0.14	0.154	0.053	0.018	0.005	0.003	0.003	0.001
					2	0.26	0.046					0.001		
					3							0.000		
5	1.762	1.922	0.328	0.65	1	0.13	0.19	0.213	0.098333333	0.015	0.005	0.004	0.004	0.001
					2	0.36	0.01					0.000		
					3	0.52	0.005					0.000		
6	2.09	2.25	0.328	0.68	1	0.14	0.067	0.223	0.024333333	0.008	0.005	0.002	0.002	0.001
					2	0.41	0.005					0.000		
					3	0.54	0.001					0.000		
7	2.418	2.378	0.328	0.67	1	0.13	0.051	0.229	0.016	0.004	0.005	0.001	0.001	0.000
					2	0.4	0.005					0.000		
					3	0.54	0.001					0.000		
8	2.746	2.906	0.328	0.69	1	0.14	0.097	0.226	0.047	0.011	0.005	0.002	0.002	0.001
					2	0.41	0.027					0.001		
					3	0.55	0.017					0.000		
9	3.074	3.234	0.328	0.68	1	0.14	0.248	0.223	0.178666667	0.049	0.005	0.005	0.005	0.002
					2	0.41	0.165					0.004		
					3	0.54	0.103					0.002		
10	3.402	3.562	0.328	0.58	1	0.12	0.226	0.190	0.227	0.043	0.005	0.005	0.005	0.002
					2	0.36	0.275					0.004		
					3	0.46	0.18					0.004		
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2			0.000										
	3			0.000										
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2			0.000										
	3			0.000										
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2			0.000										
	3			0.000										
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2			0.000										
	3			0.000										
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2			0.000										
	3			0.000										
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
	2			0.000										
	3			0.000										

CAUDAL TOTAL (m³/s) **0.185** Error Caudal Total (m³/s) **0.010**

Ficha Registro Datos de Aforo

Datos Generales

Nombre Canal: BELLAVISTA

N° Aforo: 28

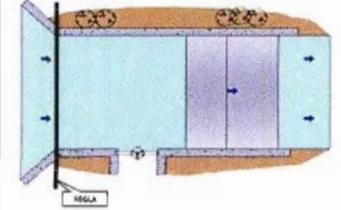
Fecha: 11/08/2014 Hora Inicio: 16:45 Hora Término: 17:25

Kilómetros: Municipio Quevedo - Cabán Urua

Datos Punto de Referencia (PR)

Coordenada Norte (m): 867829 Coordenada Este (m): 780264

Ceptoopid: PAF 26, Km 54-713

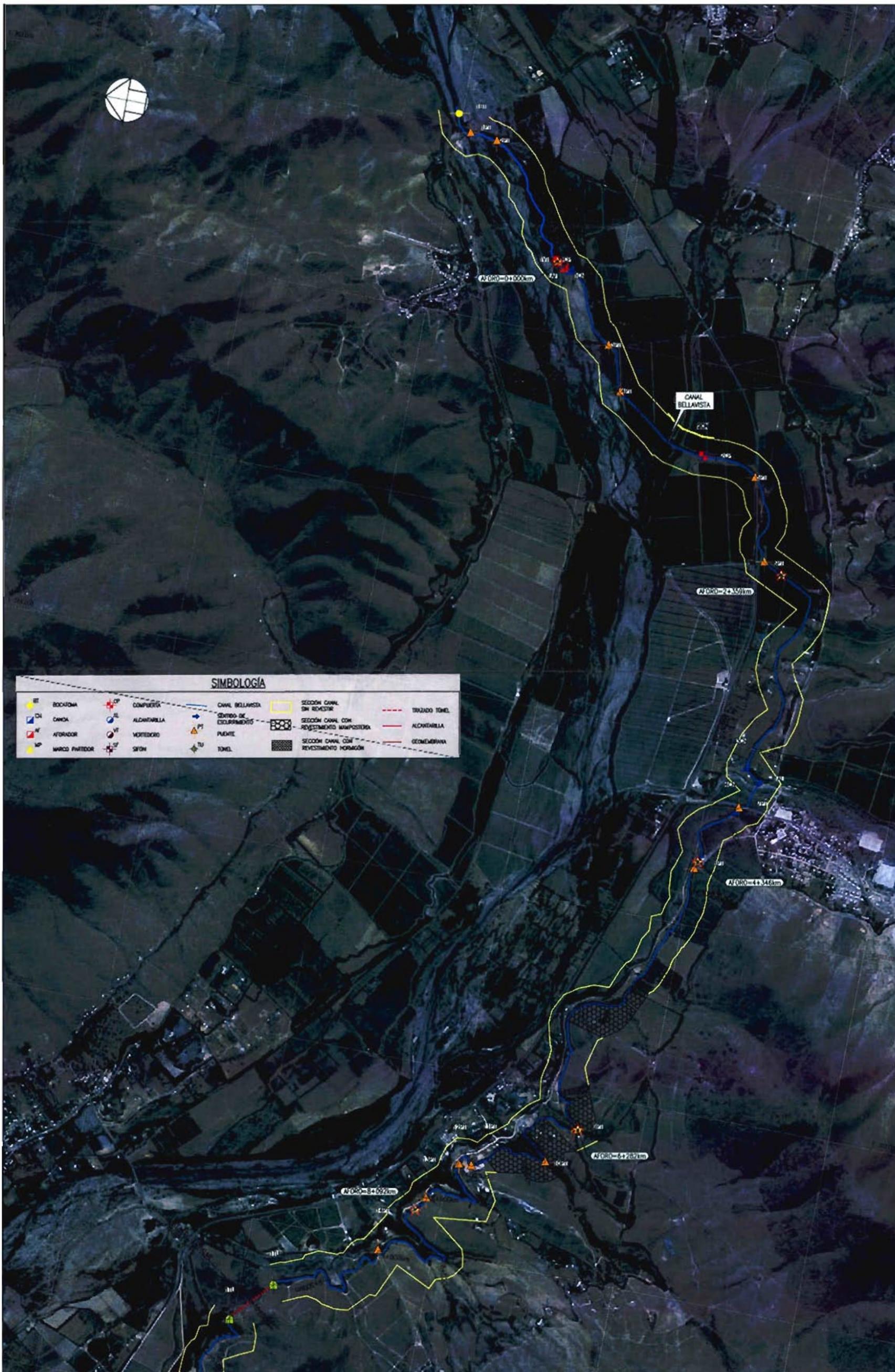



Datos Aforo				Cálculos Aforo			
Altura de Agua Inicial	0.60	m		Cant. Tot. de Subsecciones	10		
Altura de Agua Intermedia		m		Método	3	(2 Puntos a 3 Puntos)	
Altura de Agua Final	0.60	m		Dist. PR-C1	0.70	m	
Tor. Sección	Irregular			Dist. PR-C2	2.67	m	
Ancho Base	2.73	m		C1: Orilla Izquierda C2: Orilla Derecha			

Subsección N°	Dist. Horizontal (m)	Dist. A la vertical de Caida	Ancho (m)	Prof. Total (m)	Puntos Verticales	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Area (m²)	Velocidad Media (m/s)	Caudal (m³/s)	Error Area	Error Velocidad	Error Caudal	
1	0.3	0.44	0.273	0.67	1	0.13	0.122	0.087	0.104	0.017	0.004	0.002	0.002	0.001
					2	0.37	0.122					0.002		
					3	0.40	0.068					0.001		
2	0.573	0.718	0.273	0.64	1	0.12	0.135	0.167	0.172333333	0.000	0.004	0.003	0.003	0.001
					2	0.37	0.132					0.002		
					3	0.49	0.1					0.002		
3	0.840	0.986	0.273	0.67	1	0.12	0.065	0.167	0.066666667	0.011	0.004	0.002	0.002	0.001
					2	0.37	0.052					0.001		
					3	0.46	0.069					0.001		
4	1.179	1.250	0.273	0.67	1	0.12	0.067	0.167	0.070333333	0.000	0.004	0.001	0.001	0.000
					2	0.37	0.029					0.000		
					3	0.46	0.019					0.000		
5	1.392	1.337	0.273	0.6	1	0.12	0.056	0.164	0.029	0.005	0.004	0.001	0.001	0.000
					2	0.36	0.029					0.000		
					3	0.48	0.002					0.000		
6	1.668	1.803	0.273	0.6	1	0.12	0.058	0.164	0.041999999	0.007	0.004	0.001	0.001	0.000
					2	0.36	0.045					0.001		
					3	0.48	0.022					0.000		
7	1.938	2.078	0.273	0.6	1	0.12	0.095	0.164	0.050666667	0.010	0.004	0.002	0.002	0.001
					2	0.36	0.06					0.001		
					3	0.46	0.036					0.001		
8	2.211	2.357	0.273	0.6	1	0.12	0.165	0.164	0.127333333	0.021	0.004	0.003	0.003	0.001
					2	0.36	0.109					0.003		
					3	0.46	0.108					0.003		
9	2.484	2.624	0.273	0.50	1	0.12	0.211	0.161	0.1695	0.021	0.004	0.004	0.004	0.001
					2	0.35	0.168					0.003		
					3							0.000		
10	2.737	2.897	0.273	0.50	1	0.12	0.213	0.161	0.156	0.022	0.004	0.004	0.004	0.002
					2	0.35	0.183					0.003		
					3							0.000		
11					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
12					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
13					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
14					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
15					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					
16					1			0.000			0.000	0.000	0.000	
					2				0.000					
					3				0.000					

CAUDAL TOTAL (m³/s)	0.161	Error Caudal Total (m³/s)	0.008
---------------------	-------	---------------------------	-------

ANEXO D
PLANOS DE UBICACIÓN SECCIONES DE AFORO



SIMBOLOGÍA

BOQUINA	COMPUERTA	CANAL BELLAVISTA	SECCION CANAL SIN REVESTIR	TRAZADO TUNEL
CANCA	ALCANTARILLA	CENTRO DE EXCARPAMIENTO	SECCION CANAL CON REVESTIMIENTO MAMPUESTA	ALCANTARILLA
AFORADOR	MORTERORO	PUNTE	SECCION CANAL CON REVESTIMIENTO HORACON	GEOMEMBRA
MARCO PARTIDOR	SIFON	TUNEL		

0 100 200 300m
 ESCALA GRFICA

PLANTA SECCIONES DE AFORO CANAL BELLAVISTA. TRAMO Km 0+000 A Km 10+000
 ESCALA 1:10.000

PROYECTO 4184 - Mejoramiento Canales Bellavista, Valdivia y Buzeta
 FIGURA 1 | TRAMO | Km 0+000 A Km 10+000

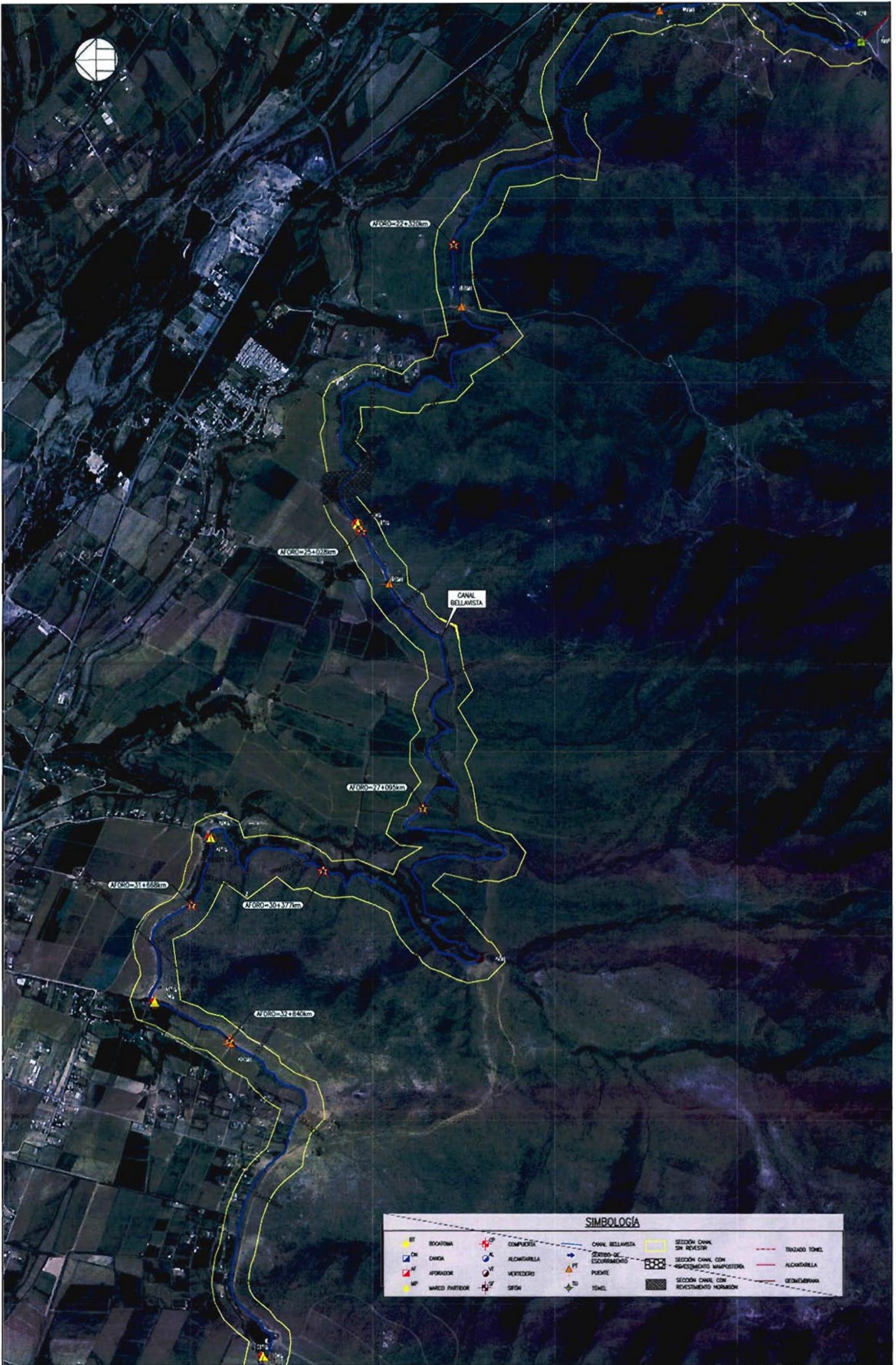


SIMBOLOGÍA

BT	BOCATOMA	EP	COMPUERTA	CB	CANAL BELLAVISTA	SECCION CANAL SIN REVESTIR	---	TRAZADO TONEL
CA	CANCA	AL	ALCANTARILLA	SE	SENTRO DE ESCURRIMIENTO	SECCION CANAL CON REVESTIMIENTO MAQUETADO	---	ALCANTARILLA
AF	AFORADOR	VI	VEREDERO	PT	PUNTE	SECCION CANAL CON REVESTIMIENTO HORMIGON	---	GEOMETRICA
MP	MARCO PARTIDOR	SFOH	SFOH	TU	TONEL			

PLANTA SECCIONES DE AFORO CANAL BELLAVISTA. TRAMO Km 10+000 A Km 21+500
ESCALA 1:10.000

PROYECTO 4184 - Mejoramiento Canal Bellavista, Vichón y Buzeta
FIGURA 2 TRAMO Km 10+000 A Km 21+500



0 50 100 150 200m
ESCALA GRÁFICA

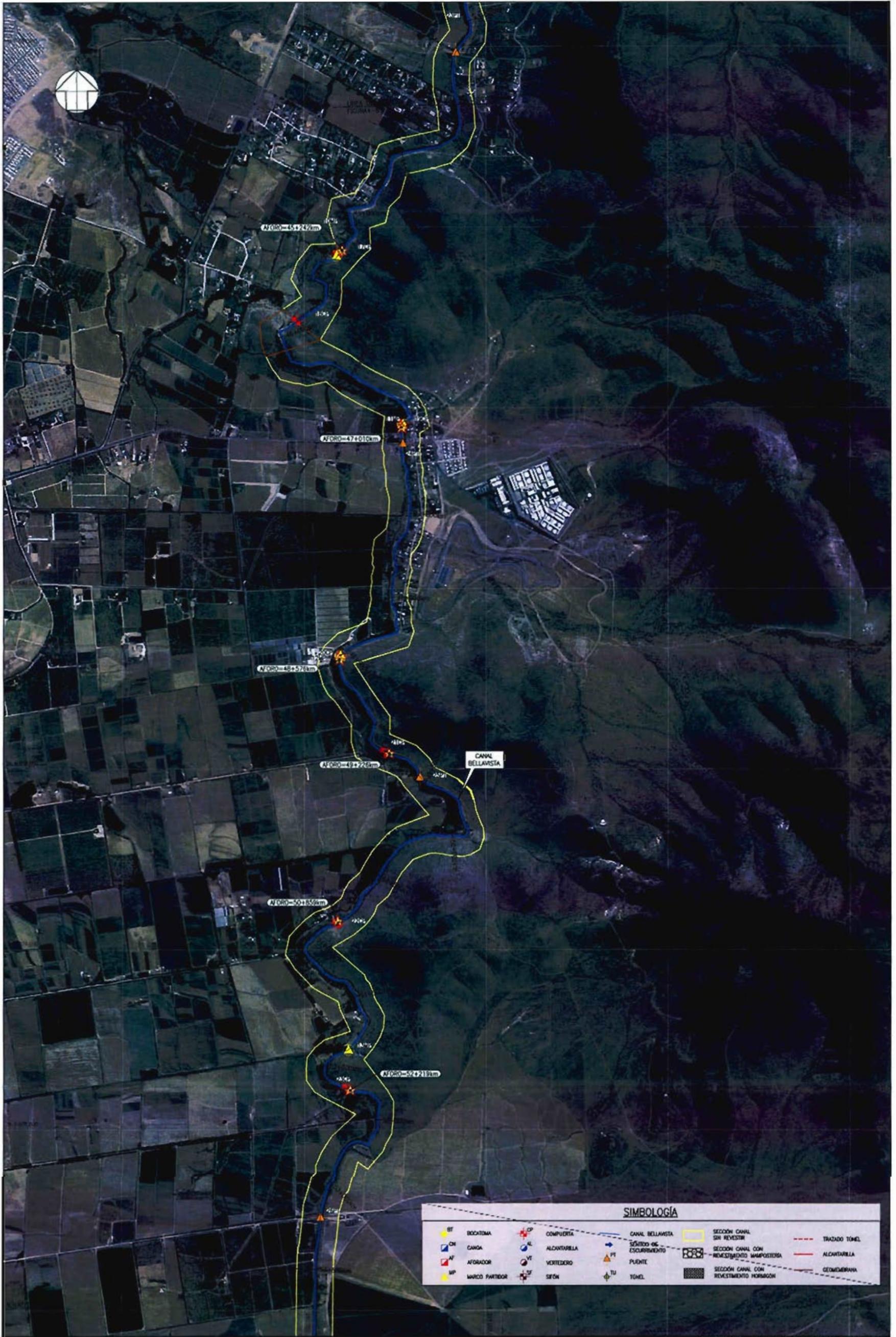
PLANTA SECCIONES DE AFORO CANAL BELLAVISTA. TRAMO Km 21+500 A Km 32+000
ESCALA 1:10.000

PROYECTO 4184 - Mejoramiento Canales Bellavista, Vación y Ruzel
FIGURA 3 TRAMO Km 21+500 A Km 32+000



PLANTA SECCIONES DE AFORO CANAL BELLAVISTA. TRAMO Km 32+000 A Km 44+000
 ESCALA 1:10.000

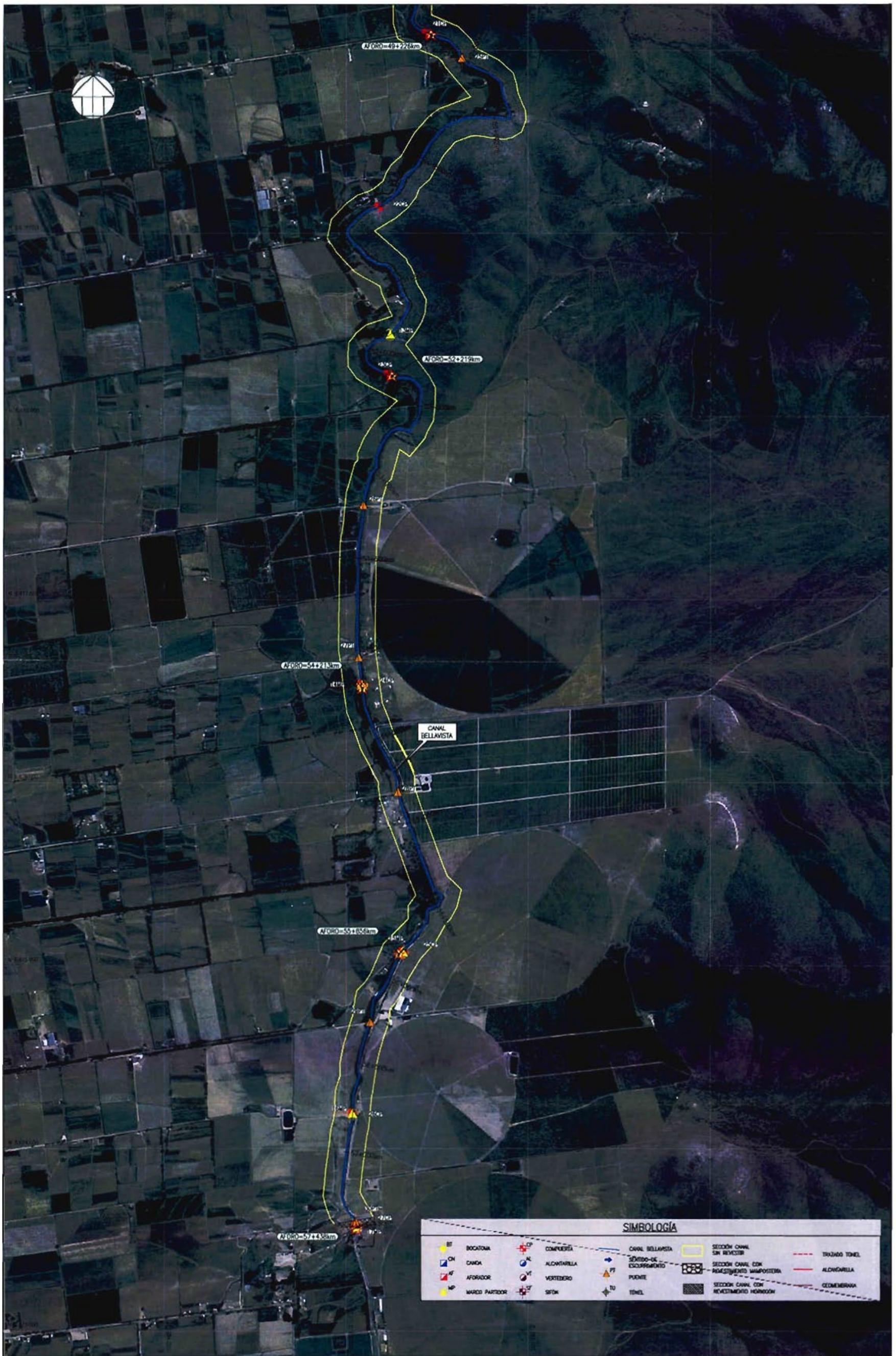
PROYECTO 4184 - Mejoramiento Canales Bellavista, Váquea y Buzeta
 FIGURA 4 | TRAMO | Km 32+000 A Km 44+000



PLANTA SECCIONES DE AFORO CANAL BELLAVISTA, TRAMO Km 44+000 A Km 53+500
 ESCALA 1:10.000

SIMBOLOGÍA			
BT	BOTAPOSA	CP	COMPUERTA
CA	CANCA	AL	ALCANTARILLA
AF	AFORADOR	VE	VERTEDERO
MP	MARCO PARTIDOR	SI	SIFÓN
		CB	CANAL BELLAVISTA
		ES	SECCIÓN DE ESCURRIMIENTO
		PT	PUNTE
		TU	TUNEL
			SECCIÓN CANAL SIN REVESTIR
			SECCIÓN CANAL CON REVESTIMIENTO MAMPUESTA
			SECCIÓN CANAL CON REVESTIMIENTO HORMIGÓN
			TRAZADO TUNEL
			ALCANTARILLA
			GEOMETRÍA

PROYECTO 4184 - Mejoramiento Canales Bellavista, Vicosán y Buzeto
 FIGURA 5 - HPMO | Km 44+000 A Km 53+500



SIMBOLOGÍA			
BT	BOCATORIA	CP	COMPUERTA
CH	CANAL	AL	ALCANTARILLA
AF	AFORADOR	VE	VERTEDERO
MP	MARCO PARTIDOR	SI	SIFÓN
		PF	PUNTE
		TU	TUNEL
			CANAL BELLAVISTA
			SECCION DE ESCOPIRAMIENTO
			SECCION CANAL SIN REVESTIR
			SECCION CANAL CON REVESTIMIENTO SIMPOSTADO
			SECCION CANAL CON REVESTIMIENTO HERRONCOCH
			TRAZADO TUNEL
			ALONGARILLA
			GEOMETRÍA



PLANTA SECCIONES DE AFORO CANAL BELLAVISTA. TRAMO Km 53+500 A Km 57+438

ESCALA 1:10.000

PROYECTO 4184 - Mejoramiento Canal Bellavista, Villón y Barco

FIGURA 6 TRAMO Km 53+500 A Km 57+438