

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS

### ANÁLISIS DEL USO DEL MÉTODO GIN (GROUTING INTENSITY NUMBER) EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO MAZAR

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
GEÓLOGO

ROLANDO ENRIQUE GUADALUPE ALCOSER

[rolando.guadalupe@hotmail.com](mailto:rolando.guadalupe@hotmail.com)

DIRECTOR: Ing. MARIO CASTILLO SALGADO

[casal728@gmail.com](mailto:casal728@gmail.com)

Quito, Marzo de 2011

## DECLARACIÓN

Yo, Rolando Enrique Guadalupe Alcoser, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

ROLANDO ENRIQUE GUADALUPE ALCOSER

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Rolando Enrique Guadalupe Alcoser, bajo mi supervisión.

---

**ING. MARIO CASTILLO S.,**

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## RESUMEN

A partir de un conocimiento adecuado de las condiciones iniciales del macizo, es decir: litología; tipos de discontinuidades: su orientación y condiciones geotécnicas; el perfil de meteorización; condiciones hidrogeológicas, etc. Y, condiciones hidráulicas de la presa y geométricas del plinto, se puede trabajar en un diseño adecuado de una cortina de impermeabilización para una presa. Labores desarrolladas en las etapas de prefactibilidad, factibilidad, diseño y ejecución del Proyecto Hidroeléctrico Mazar, permitieron recabar esta información, y a partir de ahí, diseñar y construir la cortina de impermeabilización.

En la zona del proyecto afloran rocas metamórficas de la Cordillera Real, las litologías comprenden entre las más importantes esquistos cuarcíticos, esquistos cuarzo-micáceos y cuarcitas, todas meteorizadas y fracturadas hasta ~30 m de profundidad; por lo que se vio la necesidad de intervenir el macizo para mejorar las condiciones geomecánicas y de permeabilidad del mismo.

Los métodos convencionales de inyección, permiten la implantación de cortinas en macizos rocosos, sin embargo, el uso de varias mezclas junto con presiones y volúmenes no limitados, no garantizan que el trabajo se lleve a cabo de una forma óptima. El Método GIN de inyecciones, desarrollado por Lombardi (1993), utilizado en el Proyecto Hidroeléctrico Mazar trata de simplificar y optimizar el trabajo de consolidación e impermeabilización, a la vez que permite homogeneizar las condiciones de la cortina con el uso de una única mezcla durante todo el proceso. Limita también los parámetros de presión y volumen incluyéndolos en el concepto de número GIN ( $p \cdot V$ ), evitando de esta forma que sucedan fenómenos como la sobrecarga del macizo, hidrofracturación (rotura) o hidrogateo excesivo (abertura de fracturas).

A partir del análisis de los resultados luego de la implantación del Método GIN, se puede concluir que la aplicación correcta del mismo, significa una reducción en tiempo y costos del proceso de inyección, lo cual puede ser considerado en la planificación de futuros proyectos de este tipo en nuestro país.



## ABSTRACT

From the adequate knowledge of the massive rock initial conditions in terms of lithology, discontinuity types including orientation and geotechnical conditions; weathering profile; hydrological conditions, and by the other hand, the hydraulic conditions of the hydroelectric dam and its plinth geometry, is possible to work in a more accurate design of a waterproofing curtain for a dam. Different phases of the “Proyecto Hidroelectrico Mazar” including pre-feasibility, feasibility, design and execution of the project, allowed finding the necessary information to start the design and construction of the waterproofing curtain.

In the project area, the metamorphic rocks of the Cordillera Real Hills are emerging. The most important rocks includes quartz schist, mica – quartz schist, and quartzite, all weathered and fractured up to 30 meters deep. Fractured and weathered conditions have forced to perform remediation works to the massive rock in order to improve its geomechanic and permeability conditions.

Conventional injection methods, allow the implementation of waterproof curtains in the massive rock, however the use of several slurries together with unlimited pressures and volumes, doesn't guarantee successful jobs. Injection GIN method, was developed by Lombardi (1993) and used in the “Proyecto Hidroelectrico Mazar”, with objective to simplify and optimize the consolidation and waterproofing jobs, allowing at the same time the curtain conditions homogenization, by the use of a single slurry along the full process. This methodology also limits the pressure and volume parameters, including in the GIN number concept ( $p,V$ ), avoiding overloading of the massive rock events, hydro – fracturing (crack) or excessive hidrogateo (excessive fracture open).

This study, based on the analysis of the results after the GIN Method implementation, concludes that the correct application of this method means a cost and time reduction way for the injection process, which can be considered as a high potential alternative for similar new projects in Ecuador.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA .....	1
1.2. UBICACIÓN Y ACCESOS AL ÁREA DEL PROYECTO .....	2
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	5
1.3.1. Objetivo General .....	5
1.3.2. Objetivos Específicos .....	5
1.4. ALCANCE .....	5
1.5. METODOLOGÍA .....	6
1.6. ESTUDIOS PREVIOS .....	7
2. MARCO GEOLÓGICO A NIVEL REGIONAL Y LOCAL DEL SITIO DE ESTUDIO .....	9
2.1. INTRODUCCION .....	9
2.2. GEODINÁMICA REGIONAL DE LOS ANDES ECUATORIANOS .....	9
2.3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL DE LOS ANDES ECUATORIANOS .....	11
2.3.1. Geología de la Cordillera Occidental .....	12
2.3.2. Geología del Valle Interandino .....	13
2.3.3. Geología de la Cordillera Real .....	14
2.4. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL ASOCIADO AL ÁREA DE ESTUDIO .....	14
2.4.1. División Alao .....	15
2.4.1.1. Unidad Alao-Paute .....	16
2.4.1.2. Unidad El Pan .....	16
2.4.1.3. Unidad Maguazo .....	17
2.4.1.4. Unidad Peltetec .....	17
2.4.2. Formación Tarqui .....	18
2.4.3. Estructuras a nivel regional asociadas al área de estudio .....	19
2.4.3.1. Falla Huayrapungu .....	19
2.4.3.2. Falla San Antonio .....	19
2.4.4. Intrusivos cercanos al área de estudio .....	20
2.5. MARCO GEOLÓGICO LOCAL .....	21

2.5.1.	Unidad La Letra .....	22
2.5.2.	Unidad Ingapata .....	23
2.5.3.	Unidad La Ermita .....	23
2.5.4.	Depósitos recientes .....	24
2.5.4.1.	Terraza Morfológica Huarainac .....	24
2.5.4.2.	Suelos y Depósitos Recientes .....	24
2.5.5.	Tectónica local .....	25
2.5.5.1.	Evolución tectónica .....	25
2.5.5.2.	Estructuras tectónicas .....	26
2.6.	GEOLOGÍA DE DETALLE DEL SITIO DE OBRA .....	29
2.6.1	Geología del sitio de obra .....	30
2.6.1.1.	Nivel superior .....	30
2.6.1.2.	Nivel intermedio .....	30
2.6.1.3.	Nivel inferior .....	31
2.6.1.4	Depósitos de cobertura .....	31
2.6.2	Geología estructural del sitio de obra .....	32
3.	ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DE LA ROCA .....	34
3.1.	INTRODUCCIÓN .....	34
3.2.	PLINTO IZQUIERDO DE LA PRESA MAZAR .....	35
3.2.1.	Sector 1 (abscisa 0+050 - 0+078,9) .....	37
3.2.2.	Sector 2 (abscisa 0+78,9-0+107,2) .....	38
3.2.3.	Sector 3 (abscisa 0+107,2-0+136,9) .....	44
3.2.4.	Sector 4 (abscisa 0+136,9-0+166,7) .....	44
3.2.5.	Sector 5 (0+166,7-0+190,9) .....	45
3.2.6.	Sector 6 (abscisa 0+190,9-0+223,1) .....	46
3.2.7.	Sector 7 (abscisa 0+223,1-0+250,2) .....	47
3.2.8.	Sector 8 (abscisa 0+250,2-0+277,4) .....	48
3.2.9.	Sector 9 (abscisa 0+277,4-0+304,5) .....	49
3.2.10.	Sector 10 (abscisa 0+304,5-0+325,5) .....	49
3.2.11.	Sector 11 (abscisa 0+325,5-0+347,5) .....	50
3.3.	TALÓN DE LA PRESA MAZAR .....	51

3.3.1.	Sector 12 (abscisa 0+347,5 - 0+376,0).....	51
3.3.2.	Sector 13 (abscisa 0+376,0-0+397,6).....	52
3.3.3.	Sector 14 (abscisa 0+397,6-0+421,5).....	52
4.	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO GIN Y COMPARACIÓN CON OTROS MÉTODOS.....	54
4.1.	INTRODUCCIÓN .....	54
4.2.	MÉTODOS TRADICIONALES DE INYECCIÓN .....	55
4.2.1.	Inyección por Reemplazo o <i>Jet Grouting</i> .....	55
4.2.2.	Inyección por Impregnación y Fracturación Hidráulica o <i>Hydrofracture Grouting</i> . .....	58
4.2.3.	Inyección por Compactación.....	59
4.2.4.	Chemical Grouting .....	59
4.2.5.	Inyecciones de cemento o <i>Cement Grouting</i> .....	60
4.2.5.1.	Método tradicional de Inyecciones.....	61
4.2.5.1.1.	Lechada a utilizar durante la inyección.....	61
4.2.5.1.2.	Presión utilizada durante la inyección.....	63
4.2.5.1.3.	Proceso de inyección.....	64
4.2.5.1.4.	Evaluación del proceso de inyección .....	68
4.2.5.2.	Método GIN (Grout Intensity Number) de inyecciones.....	71
4.2.5.2.1.	Introducción .....	71
4.2.5.2.2.	Consideraciones generales del Método GIN.....	72
4.2.5.2.2.1.	Tipos de cemento .....	72
4.2.5.2.2.2.	Relación Agua/Cemento (W:C) .....	73
4.2.5.2.2.3.	Cantidad de agua y tipo de mezcla utilizada .....	73
4.2.5.2.2.4.	Ensayos de permeabilidad.....	75
4.2.5.2.2.5.	Hidrofracturación e Hidrogateo .....	75
4.2.5.2.2.6.	Penetración de lechada.....	75
4.2.5.2.3.	Intensidad de inyección.....	76
4.2.5.2.4.	Grouting Intensity Number (GIN).....	77
4.2.5.2.5.	Descripción del Método GIN de Inyecciones .....	81
4.2.5.2.5.1.	Principios del Método GIN .....	81
4.2.5.2.5.1.1.	Mezcla.....	81
4.2.5.2.5.1.2.	Curva límite de la inyección.....	82
4.2.5.2.5.1.3.	Saturación de la roca .....	83

4.2.5.2.5.1.4. Parada de la inyección.....	84
4.2.5.2.5.2. Arreglo, espaciamiento y profundidad de las perforaciones y tramos de inyección	84
4.3. COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO GIN Y EL MÉTODO TRADICIONAL DE INYECCIONES.....	86
4.3.1. Tipo de Mezcla utilizada.....	86
4.3.2. Presión de inyección.....	88
4.3.3. Volumen de inyección.....	88
4.3.4. Factor económico .....	88
4.3.5. Otras consideraciones.....	89
4.4. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD .....	92
5. SÍNTESIS DEL PROCESO DE INYECCIÓN UTILIZADO .....	96
5.1. INTRODUCCIÓN .....	96
5.2. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE LA CORTINA DE INYECCIÓN.....	97
5.2.1. Geología del sitio .....	97
5.2.2. Condiciones hidrogeológicas .....	98
5.2.3. Condiciones geomecánicas de la roca .....	98
5.2.4. Condiciones hidráulicas .....	98
5.2.5. Geometría del plinto.....	98
5.2.6. Modelo de la cortina de inyección .....	99
5.2.7. Configuración de la cortina de inyección.....	101
5.3. METODOLOGÍA DE INYECCIÓN .....	103
5.4. EQUIPO PARA LA INYECCIÓN .....	104
5.5. SÍNTESIS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.....	105
5.5.1. Sector 1 (abscisa 0+050 - 0+078,9).....	106
5.5.2. Sector 2 (abscisa 0+78,9-0+107,2).....	107
5.5.3. Sector 3 (abscisa 0+107,2-0+136,9).....	109
5.5.4. Sector 4 (abscisa 0+136,9-0+166,7).....	110
5.5.5. Sector 5 (abscisa 0+166,7-0+190,9).....	112
5.5.6. Sector 6 (abscisa 0+190,9-0+223,1).....	113

5.5.7.	Sector 7 (abscisa 0+223,1-0+250,2).....	114
5.5.8.	Sector 8 (abscisa 0+250,2-0+277,4).....	116
5.5.9.	Sector 9 (abscisa 0+277,4-0+304,5).....	117
5.5.10.	Sector 10 (abscisa 0+304,5-0+325,5).....	119
5.5.11.	Sector 11 (abscisa 0+325,5-0+347,5).....	120
5.5.12.	Sector 12 (abscisa 0+347,5 - 0+376,0).....	121
5.5.13.	Sector 13 (abscisa 0+376,0-0+397,6).....	123
5.5.14.	Sector 14 (abscisa 0+397,6-0+421,5).....	124
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS LUEGO DEL PROCESO DE INYECCIÓN.....	126
6.1.	INTRODUCCIÓN .....	126
6.2.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS EN CADA SECTOR INYECTADO .....	127
6.2.1.	Sector 1.....	127
6.2.2.	Sector 2.....	130
6.2.3.	Sector 3.....	133
6.2.4.	Sector 4.....	137
6.2.5.	Sector 5.....	140
6.2.6.	Sector 6.....	145
6.2.7.	Sector 7.....	149
6.2.8.	Sector 8.....	151
6.2.9.	Sector 9.....	156
6.2.10.	Sector 10.....	158
6.2.11.	Sector 11.....	163
6.2.12.	Sector 12.....	166
6.2.13.	Sector 13.....	168
6.2.14.	Sector 14.....	171
6.3.	COSTO DE LA INYECCIÓN .....	176
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	177
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	180

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1.1. Ubicación y acceso al área del Proyecto Hidroeléctrico Mazar ..... 4

### CAPÍTULO 3

Figura 3.1: isometría esquemática de inyecciones. .... 36

### CAPÍTULO 4

Figura 4.1: esquema y circuito de inyección aplicando Jet Grouting..... 57

Figura 4.2: diagrama de flujo para el inicio del proceso de inyecciones..... 63

Figura 4.3: esquema de disminución de mezcla ideal ..... 66

Figura 4.4: esquema de disminución muy rápido..... 66

Figura 4.5: esquema donde la absorción aumenta por fuga o intercomunicación..... 67

Figura 4.6: esquema donde la absorción es igual debido a una mezcla muy fina..... 67

Figura 4.7: gráficos donde se muestra la absorción durante el período que dura la inyección ..... 70

Figura 4.8: distribución de la presión y fuerzas en un sistema de dos fracturas ..... 76

Figura 4.9: presión y volumen correspondientes a valores de intensidad de inyección. 77

Figura 4.10: limitaciones del proceso de inyección ..... 79

Figura 4.11: inyección de una fractura simple; relaciones entre la presión, volumen, abertura de la fisuras y radio de alcance de la lechada ..... 80

Figura 4.12: algunas curvas límite GIN..... 80

Figura 4.13: arreglo tradicional y criterio de volumen crítico aplicado en el método GIN ..... 85

Figura 4.14: ejemplo de gráfico P vs V ..... 86

Figura 4.15: comparación entre el método tradicional y GIN de inyecciones ..... 90

Figura 4.16: condiciones de los ensayos de permeabilidad..... 94

### CAPÍTULO 5

Figura 5.1: perfil esquemático AA (aguas arriba) – AB (aguas abajo) donde se muestra el modelo de la cortina de inyección ..... 100

### CAPÍTULO 6

Figura 6.1: gráfico *P* vs *absorción*, Sector 1. .... 129

Figura 6.2: gráfico *P* vs *absorción*, Sector 2. .... 133

Figura 6.3: gráfico *P* vs *absorción*, Sector 3. .... 135

Figura 6.4: gráfico *P* vs *absorción*, Sector 4. .... 138

Figura 6.5: gráfico <i>P</i> vs <i>absorción</i> , Sector 5.....	143
Figura 6.6: gráfico <i>P</i> vs <i>absorción</i> , Sector 6.....	147
Figura 6.7: gráfico <i>P</i> vs <i>absorción</i> , Sector 7.....	151
Figura 6.8: gráfico <i>P</i> vs <i>absorción</i> , Sector 8.....	154
Figura 6.9: gráfico <i>P</i> vs <i>absorción</i> , Sector 9.....	158
Figura 6.10: gráfico <i>P</i> vs <i>absorción</i> , Sector 10.....	161
Figura 6.11: gráfico <i>P</i> vs <i>absorción</i> , Sector 11.....	163
Figura 6.12: gráfico <i>P</i> vs <i>absorción</i> , Sector 12.....	167
Figura 6.13: gráfico <i>P</i> vs <i>absorción</i> , Sector 13.....	170
Figura 6.14: gráfico <i>P</i> vs <i>absorción</i> , Sector 14.....	174

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

### CAPÍTULO 4

Fotografía 4.1: estructuras formadas por Jet Grouting .....	58
---	----

### CAPÍTULO 5

Fotografía 5.1: circuito de inyección en el Proyecto Mazar .....	105
--	-----

### CAPÍTULO 6

Figura 6.2: .....	133
-------------------	-----

## LISTA DE TABLAS

### CAPÍTULO 2

Tabla 2.1. Sistemas de diaclasas predominantes de los sitios de presa Ingapata II y III .....	29
---	----

Tabla 2.2. Sistemas de fracturamiento principal en la zona de emplazamiento de obras.....	33
---	----

### CAPÍTULO 3

Tabla 3.A1.1: Sondeo CZT 55.4, Plinto Izquierdo Sector 1.....	43
---	----

### CAPÍTULO 4

Tabla 4.1: ejemplos de presiones de inyección utilizadas en gneises cizallados .....	64
--	----

Tabla 4.2: tabla comparativa Método Tradicional y Método GIN de inyecciones.....	91
--	----

### CAPÍTULO 5

Tabla 5.1: Progresiva y longitud del plinto de la Presa Mazar. ....	101
---	-----



Tabla 5.2: Cantidades y longitudes de las perforaciones de inyección para todos los sondeos planificados en la cortina de inyección de la presa de Mazar.....	102
Tabla 5.3: parámetros de diseño de la mezcla 055 utilizada en el Proyecto Mazar.....	104
Tabla 5.4: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 1.....	106
Tabla 5.5: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 1.....	107
Tabla 5.6: número de tipos de parada para cada línea del Sector 1.....	107
Tabla 5.7: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 1.....	107
Tabla 5.8: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 2.....	108
Tabla 5.9: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 2.....	108
Tabla 5.10: número de tipos de parada para cada línea del Sector 2.....	108
Tabla 5.11: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 2.....	109
Tabla 5.12: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 3.....	109
Tabla 5.13: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 3.....	109
Tabla 5.14: número de tipos de parada para cada línea del Sector 3.....	110
Tabla 5.15: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 3.....	110
Tabla 5.16: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 4.....	110
Tabla 5.17: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 4.....	111
Tabla 5.18: número de tipos de parada para cada línea del Sector 4.....	111
Tabla 5.19: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 4.....	111
Tabla 5.20: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 5.....	112
Tabla 5.21: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 5.....	112
Tabla 5.22: número de tipos de parada para cada línea del Sector 5.....	112
Tabla 5.23: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 5.....	113
Tabla 5.24: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 6.....	113
Tabla 5.25: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 6.....	114

Tabla 5.26: número de tipos de parada para cada línea del Sector 6. ....	114
Tabla 5.27: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 6. ....	114
Tabla 5.28: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 7. ....	115
Tabla 5.29: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 7. ....	115
Tabla 5.30: número de tipos de parada para cada línea del Sector 7. ....	115
Tabla 5.31: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 7. ....	116
Tabla 5.32: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 8. ....	116
Tabla 5.33: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 8. ....	116
Tabla 5.34: número de tipos de parada para cada línea del Sector 8. ....	117
Tabla 5.35: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 8. ....	117
Tabla 5.36: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 9. ....	117
Tabla 5.37: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 9. ....	118
Tabla 5.38: número de tipos de parada para cada línea del Sector 9. ....	118
Tabla 5.39: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 9. ....	118
Tabla 5.40: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 10. ....	119
Tabla 5.41: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 10. ....	119
Tabla 5.42: número de tipos de parada para cada línea del Sector 10. ....	119
Tabla 5.43: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 10. ....	120
Tabla 5.44: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 11. ....	120
Tabla 5.45: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 11. ....	121
Tabla 5.46: número de tipos de parada para cada línea del Sector 11. ....	121
Tabla 5.47: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 11. ....	121
Tabla 5.48: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 12. ....	122
Tabla 5.49: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 12. ....	122

Tabla 5.50: número de tipos de parada para cada línea del Sector 12. ....	122
Tabla 5.51: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 12. ....	123
Tabla 5.52: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 13. ....	123
Tabla 5.53: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 13. ....	123
Tabla 5.54: número de tipos de parada para cada línea del Sector 13. ....	124
Tabla 5.55: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 13. ....	124
Tabla 5.56: cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 14. ....	124
Tabla 5.57: absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 14. ....	125
Tabla 5.58: número de tipos de parada para cada línea del Sector 14. ....	125
Tabla 5.59: características promedio de la lechada utilizada en el Sector 14. ....	125

## **CAPÍTULO 6**

Tabla 6.1: clasificación elaborada por Deere (1982) para absorciones de lechada.....	127
Tabla 6.2: estadística de absorciones del Sector 1 - plinto izquierdo. ....	131
Tabla 6.3: estadística de absorciones del Sector 2 - plinto izquierdo .....	136
Tabla 6.4: estadística de absorciones del Sector 3 - plinto izquierdo. ....	139
Tabla 6.5: estadística de absorciones del Sector 4 - plinto izquierdo. ....	142
Tabla 6.6: estadística de absorciones del Sector 5 - plinto izquierdo. ....	144
Tabla 6.7: estadística de absorciones del Sector 6 - plinto izquierdo .....	148
Tabla 6.8: estadística de absorciones del Sector 7 - plinto izquierdo. ....	152
Tabla 6.9: estadística de absorciones del Sector 8 - plinto izquierdo. ....	155
Tabla 6.10: estadística de absorciones del Sector 9 - plinto izquierdo. ....	159
Tabla 6.11: estadística de absorciones del Sector 10 - plinto izquierdo. ....	162
Tabla 6.12: estadística de absorciones del Sector 11 - plinto izquierdo. ....	165
Tabla 6.13: estadística de absorciones del Sector 12 - plinto izquierdo. ....	169
Tabla 6.14: estadística de absorciones del Sector 13 - plinto izquierdo. ....	172
Tabla 6.15: estadística de absorciones del Sector 14 - plinto izquierdo .....	175
Tabla 6.16: estimación del ahorro en USD con la utilización del Método GIN de Inyecciones para el Proyecto Hidroeléctrico Mazar. ....	176

**MAPAS**

MAPA 3.1 .....	187
----------------	-----

**PERFILES**

PERFILES 3.1 – 3.2.....	192
PERFILES 6.1 – 6.6.....	197

**ANEXOS**

ANEXOS.....	204
ANEXO I .....	205

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Es prioridad de los gobiernos contar con medios de producción de energía limpia, y las centrales hidroeléctricas están dentro de las construcciones que menos contaminación causan al medio ambiente. Debido a ello durante los últimos treinta años se han construido en el país algunos proyectos hidroeléctricos: Paute, Agoyán, Pisayambo, Daule, San Francisco, etc.

Ante la demanda creciente de energía a nivel nacional, el estado decidió la realización del Proyecto Hidroeléctrico Mazar utilizando el caudal del Río Paute; iniciando trabajos en mayo del 2005, actualmente se tiene en funcionamiento la Presa Mazar, y se realizan pruebas de generación en las turbinas. El funcionamiento de la central aportará con 160 MW para el Sistema Nacional Interconectado. Además, la construcción de la presa permitirá también retener sedimentos y de esta forma alargará la vida útil de la Central Molinos (Central Hidroeléctrica Paute).

Debido a las dimensiones del embalse de 410 Hm<sup>3</sup>, y al alto gradiente hidráulico generado en la roca por debajo del plinto, se vio la necesidad de la construcción de una cortina de impermeabilización a lo largo de este, obra que ciertamente ayudará a reducir dicho gradiente.

Existen en la actualidad un sinnúmero de métodos para la construcción de cortinas de impermeabilización. El Método GIN de inyecciones desarrollado por Lombardi en 1993, fue el escogido y aplicado en el trabajo de inyecciones.

Luego de la aplicación del método GIN de inyecciones como parte de la

ejecución del Proyecto Hidroeléctrico Mazar, el presente trabajo contribuye a conocer la ventaja de los resultados conseguidos en este proyecto.

Sirve también para ahondar en cuanto a conocimientos de inyecciones usando este método y aportar a la toma de decisiones correctas antes de aplicar algún método para futuros proyectos similares.

El análisis del método GIN de inyecciones, permite también tener una idea clara de los volúmenes gastados, directamente relacionados al aspecto económico de todo proyecto, es decir, bajar el costo total de la ejecución del proyecto.

Los procesos de impermeabilización de macizos rocosos no han sido muy estudiados en proyectos de gran magnitud en el país, por lo que un trabajo de estas características permite optimizarlos para su adecuada aplicación, lo que significa un aporte importante en el aspecto tanto práctico como económico para empresas que se dedican a la Geotecnia de Obras Civiles.

## **1.2. UBICACIÓN Y ACCESOS AL ÁREA DEL PROYECTO**

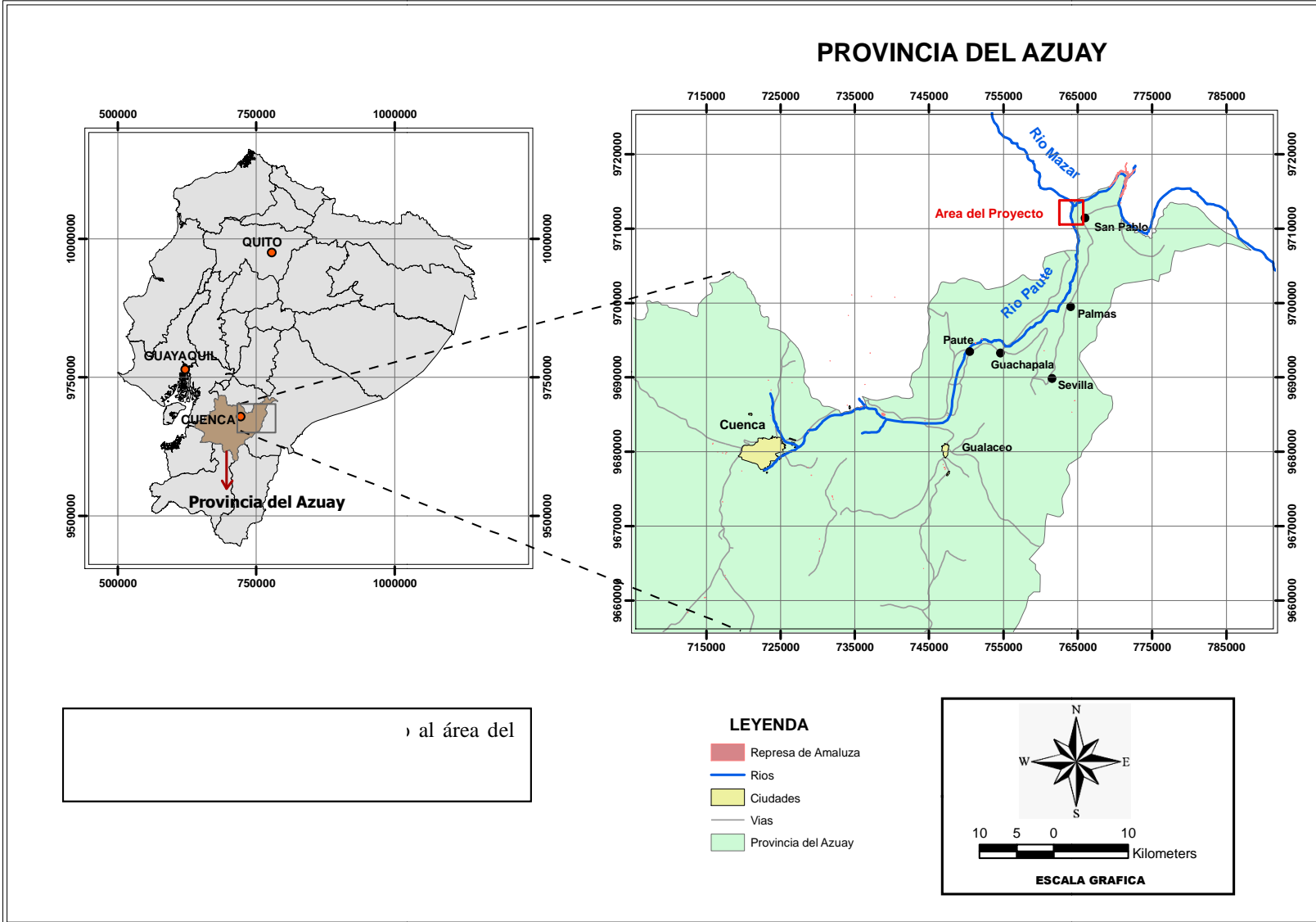
El Proyecto Hidroeléctrico Mazar está ubicado en la provincia de Azuay, Cantón Sevilla de Oro, junto al poblado de San Pablo, sobre el Río Paute, 200 m antes de la desembocadura del río que le da nombre a este proyecto. Las coordenadas UTM del punto donde se encuentra la presa es (9713200N-764500E). La zona de influencia del proyecto se encuentra indicada sobre el mapa de ubicación (figura 1.1).

El acceso al área del proyecto se realiza desde la ciudad de Cuenca, siguiendo por la carretera Cuenca – Paute – Guarumales - Méndez, hasta el poblado de San Pablo, y de ahí alrededor de 3 km a través de la vía construida como acceso a la presa y otras obras que forman parte de la Central Hidroeléctrica Mazar.

Otra forma de llegar es por la carretera Cuenca – Azogues – Matrama – Garita

Mazar. Esta vía fue construida para ingresar maquinaria y suministros y llega hasta el punto mismo donde se ubica el proyecto siguiendo un acceso final de aproximadamente 3 km.

El relieve del terreno, hace que la presa Mazar esté ubicada en una parte encañonada muy inclinada en el estribo izquierdo, y, casi vertical en el estribo derecho del río Paute. Estas condiciones difíciles hicieron que el acceso a la central tenga muchos problemas, y solo sea solventado con la construcción de estos dos accesos.





## **1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **1.3.1. Objetivo General**

Contribuir al conocimiento de procesos de inyección en macizos rocosos, para poder utilizarlos de una forma eficiente en futuros proyectos, mediante el análisis del uso del Método GIN utilizado en el diseño y construcción de la cortina de inyección del Proyecto Hidroeléctrico Mazar.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Caracterización geotécnica del macizo rocoso antes y después del proceso de inyección.
- Sustentar el diseño mediante el Método GIN de la cortina de inyección en el Proyecto Hidroeléctrico Mazar.
- Descripción del proceso de inyección, mediante el Método GIN utilizado en el diseño y construcción de la cortina de inyección del Proyecto Hidroeléctrico Mazar, incluyendo volúmenes, presiones y lechadas utilizadas durante dicho proceso.

## **1.4. ALCANCE**

Para este trabajo se utilizó el mapeo geológico-geotécnico que se realizó a lo largo de una franja de aproximadamente 450 m de longitud y 12 m de ancho, durante la excavación para la cimentación construcción del plinto.

También se utilizaron los estudios geofísicos, galerías exploratorias y perforaciones de investigación en la etapa de prefactibilidad aportaron datos necesarios para el diseño de la cortina.

Se usó además el análisis de la calidad del macizo a partir de 14 sondeos exploratorios antes de la inyección, y 15 sondeos de comprobación luego de la

inyección en el Plinto Izquierdo y Talón de la presa.

Fueron utilizados los de datos de permeabilidad de roca de aproximadamente 180 ensayos tipo Lugeon realizados en cada sondeo exploratorio y de comprobación.

El análisis y síntesis de la información se hizo con la utilización de software convencional: AUTOCAD 2D y 3D, MICROSOFT EXCEL, y ROCSCIENCE 3.0.

## **1.5. METODOLOGÍA**

La metodología a utilizar para alcanzar cada uno de los objetivos es la siguiente:

- i. Recopilación, análisis y síntesis de la información Geológico-Geotécnica existente (etapas de prefactibilidad, factibilidad y diseño), a nivel regional y local que permita definir las características del macizo rocoso antes del proceso de inyecciones.
- ii. Investigación y Descripción del método GIN y de métodos convencionales.
- iii. Descripción sistemática de las características geomecánicas y de permeabilidad de la roca antes y después de la aplicación del método GIN.
- iv. Síntesis del proceso de inyecciones, cantidades y distribución del fluido inyectado en el macizo.
- v. Discusión de los resultados obtenidos en las condiciones geomecánicas de la roca, antes y después del proceso de inyecciones.

## 1.6. ESTUDIOS PREVIOS

Varias campañas para recabar información útil han sido desarrolladas durante muchos años en el área del proyecto. Enfocados en varias especialidades de geología, geotecnia y medio ambiente. La mayoría de ellas realizadas por grandes empresas consultoras para el INECEL, empresa estatal creada para el desarrollo de proyectos energéticos.

Los primeros estudios relacionados con el Proyecto Mazar datan de los años setenta, cuando se analizó el potencial hidro-energético del río Paute en el sector de la Cola de San Pablo y se definió que este proyecto debía entrar en operación 8 años después que el Amaluza-Molino (Paute).

Estudios previos a la etapa de construcción se realizaron hasta finales de la década del 90. A continuación se listan los principales trabajos realizados:

- SWECO & BOTCONSULT (1998), *“Proyecto Hidroeléctrico Mazar, Informe Final”*.
- Yopez H. (INECEL 1998), *“Estudio de Peligro Sísmico para la Región del Proyecto Mazar”*.
- INECEL (1998), *“Evaluación de la sedimentación inducida por el embalse Mazar y los fenómenos de inestabilidad en las laderas”* (Documento interno).
- INECEL (1998), *“Resultados de la prospección sísmica y eléctrica en el sector del vertedero y subestación”*.
- INECEL (1997), *“Fenómenos de inestabilidad, mapas de fenómenos y de peligrosidad”*.
- INECEL (1997), *“Informe de perforaciones y ensayos para la inyección de cemento”*.

- INECEL (1996), *"Informe final, Descripción general y características de las obras del proyecto"*.
- INECEL (1996), *"Informe final, Geotecnia, Anexo 4"*.
- INECEL (1996), *"Informe final, Geología. Anexo 3"*.
- INECEL & Consultores (1991), "Estudio de alternativas de la presa Mazar, Tomo IV: Volumen 6: Apéndice 3: Geología y Geotecnia".
- Electrowatt, M. Columbus, Salzgitter / Adec, Higgeco, Idco, Integral (1984), *"Informe final, Diseños Definitivos. Anexo H, Planos – Geología"*.
- Electrowatt, M. Columbus, Salzgitter / Adec, Higgeco, Idco, Integral (1984), *"Informe geológico para el grupo consultivo. CONSULTORES MAZAR"*.
- Electrowatt, M. Columbus, Salzgitter / Adec, Higgeco, Idco, Integral (1982), *"Informe de factibilidad, Tomo III, Geología, Materiales de construcción y Topografía"*.
- Electrowatt, M. Columbus, Salzgitter / Adec, Higgeco, Idco, Integral (1982), *"Selección de alternativas, Tomo III, Geología y Topografía"*.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. MARCO GEOLÓGICO A NIVEL REGIONAL Y LOCAL DEL SITIO DE ESTUDIO**

#### **2.1. INTRODUCCION**

Todo proyecto de construcción de obras civiles debe incluir un estudio geológico completo, que constituye un paso básico e indispensable para un correcto entendimiento a nivel regional y local de los procesos que depositaron, afectaron y modificaron el sitio de implantación de dicha obra.

En la realización del presente proyecto, para definir la litología y la disposición espacial de las unidades, los estudios en el área de geología se iniciaron en las etapas de prefactibilidad y factibilidad, donde se desarrollaron varias campañas de trabajo de campo a detalle, perforaciones de sondeos, calicatas y galerías de investigación, con el fin de recabar la información necesaria para el diseño y construcción del Proyecto Mazar.

Este capítulo contiene información de esas campañas; además, una investigación bibliográfica de estudios a nivel regional de la Geología del Ecuador, es presentada brevemente para enmarcar el trabajo realizado para el presente proyecto de titulación.

#### **2.2. GEODINÁMICA REGIONAL DE LOS ANDES ECUATORIANOS**

Villagómez (2003) realizó el siguiente resumen sobre la geodinámica actual de los Andes Ecuatorianos:

Los Andes septentrionales ecuatorianos, se encuentran en el denominado Bloque Norandino (Pennington, 1981; Kellogg & Bonini, 1982, Ego et al, 1996; Gutscher et al, 1999), donde la geodinámica está controlada por la compleja interacción entre las placas tectónicas convergentes Nazca, Sudamericana y

Caribe, desde el Oligoceno Tardío. Este bloque es considerado como una mini-placa diferenciada en el Noroccidente de la Placa Sudamericana que se va pinchando hacia la placa Caribe en el N-NE, debido a la convergencia oblicua aproximadamente E-W entre las placas Nazca y Sudamericana (Ego et al, 1993, 1996) (figura 2.1).

La velocidad de convergencia entre las placas Nazca y Sudamericana, ha sido estimada en base a modelos globales de placas y geodesia en 70 mm/a – 57 mm/a y la dirección de convergencia entre N81°E y N120°E (Pardo-Casas & Molnar, 1987; De Mets et al, 1990; Kellogg & Vega, 1995; Norabuena et al, 1999) (figura 2.1).

Según Kellogg & Bonini (1985) y Mora et al (1995), el Bloque Norandino es una placa más o menos independiente de la Placa Sudamericana, y establecen que la velocidad de desplazamiento de este bloque, considerando fija a la Placa Sudamericana, es de 10 mm/a – 6 mm/a, y su dirección de desplazamiento relativo está entre N55°E y N45°E. Este desplazamiento en el Ecuador y el Sur de Colombia, se daría a lo largo de las fallas intra-continetales Pallatanga, Calacalí y Chingual-La Sofía.

Otro elemento importante en el contexto geodinámico, es la cordillera asísmica de Carnegie, que se encuentra sobre la Placa de Nazca entre las latitudes 0° y 2°S, que se extiende en una dirección aproximada E-W, hasta chocar con la Placa Sudamericana (figura 2.1).

Esta cordillera fue creada a partir del “**Hot Spot**” Galápagos y varias son las teorías que se establecen en cuanto a la edad de su llegada a la zona de subducción, pero todas coinciden en que su colisión y acoplamiento ha influenciado en la actividad sísmica, volcánica y de deformación en los Andes, y así mismo en su influencia en el movimiento del Bloque Norandino con respecto a la Placa Sudamericana.

Lonsdale (1978), Pennington (1981), sugieren que la llegada de la Cordillera de Carnegie se dio hace 1Ma, basándose en velocidades de esparcimiento y

evidencia en levantamientos en ciertas terrazas costeras. Pilger (1984), Daly (1989), especularon en base a ratas de convergencia de placas, que Carnegie llegó a la fosa ecuatorial hace más o menos 8 Ma. Gutscher et al (1999), basándose en datos sísmicos, proponen que Carnegie se subduce horizontalmente y que está ya bajo el continente, extendiéndose unos 110 Km o posiblemente hasta 550 Km bajo Placa Sudamericana, desde la fosa, en un proceso de colisión que probablemente empezó hace 8 Ma.

Sin embargo, Spikings et al (2001), combinando también ratas de convergencia con ratas de exhumación en las cordilleras, sugieren que la colisión inicial ocurrió hace más o menos 15 Ma, con el subsiguiente acoplamiento hace unos 9 Ma.



**Figura 2.1.** Geología Regional costa afuera y costa adentro del Ecuador (tomado de Villagómez, 2003). Abreviaciones: SOAM: Placa Sudamericana, PIF: Falla Pallatanga, CF: Falla Calacalí, PEF: Falla Peltetec, CSF: Falla Chingual-La Sofía.

### 2.3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL DE LOS ANDES ECUATORIANOS

La dinámica provocada por la convergencia de las placas Nazca y Sudamericana ha generado deformación, levantamiento y volcanismo en el margen continental (Gutcher et al., 1999), además ha formado dos cadenas montañosas y una depresión entre ellas: la Cordillera Real, Cordillera Occidental y Valle Interandino. Las cordilleras han sido conformadas por rocas

de naturaleza alóctona y autóctona, acrecionadas durante varios períodos al continente (Aspden & Litherland, 1992).

### **2.3.1. Geología de la Cordillera Occidental**

La Cordillera Occidental consta de dos terrenos mayores: Pallatanga y Macuchi (Hughes & Pilatasig, 2002), separados por la Zona de Cizalla Chimbo - Toachi; que constituyen el basamento, los cuales están cubiertos de depósitos volcánicos y volcanoclásticos de edad Oligoceno-Holoceno.

El terreno Pallatanga de edad Cretácico Temprano se compone de turbiditas y bloques fallados de rocas ultramáficas, basaltos y sedimentos marinos profundos, que originalmente fueron consideradas como MORB (Lebrat et al, 1987) y actualmente como rocas de afinidad de plateau oceánico (Reynaud et al, 1999; Lapierre et al, 2000; Hughes & Pilatasig, 2002). La acreción de este terreno está entre Campaniano (Hughes & Pilatasig, 2002) y Maastrichtiano (Mamberti et al., 2003) a lo largo de la zona de sutura Calacalí – Pallatanga – Pujilí (Hughes & Pilatasig, 2002).

El terreno Macuchi comprende una secuencia volcanoclástica: pillow lavas, hialoclastitas, turbiditas, areniscas y brechas volcánicas de composición basáltica a andesítica, de edad Paleoceno tardío – Eoceno temprano (Hughes & Pilatasig, 2002, Kerr et al., 2002). Su acreción contra el terreno Pallatanga ocurrió durante el Eoceno tardío, a lo largo de la Zona de Cizalla Chimbo – Toachi bajo un régimen transpresivo dextral (Hughes & Pilatasig, 2002).

La edad de acreción de estos terrenos al margen continental es aún discutida. La primera acreción ocurrió entre el terreno Pallatanga y el margen continental posiblemente entre 85 Ma - 60 Ma (Spikings et al, 2001).

Esta acreción se dio a lo largo de una zona de sutura la cual es definida por un melange tectónico (unidad Pujilí), en el que se encuentran bloques métricos de rocas muy parecidas a las de la Cordillera Real (Hughes & Pilatasig, 2002), y es regionalmente nombrada como Falla Calacalí-Pallatanga-Pujilí, la que



aparentemente interseca la fosa ecuatoriana en la región del Golfo de Guayaquil (figura 2.1).

La acreción del terreno Macuchi contra el terreno Pallatanga pudo darse entre el Eoceno Medio-Tardío (Hughes & Pilatasig, 2002), y más probablemente entre 43 Ma - 30 Ma, en base a tasas de exhumación en la Cordillera Occidental (Spikings et al, 2001). Esta última acreción se dio en un régimen de cizalla dextral a lo largo de la Zona de Cizalla Chimbo-Toachi (figura 2.1)

### **2.3.2. Geología del Valle Interandino**

El basamento del Valle Interandino es pobremente conocido. La ocurrencia de esporádicos afloramientos de rocas del substrato parecidas a las de las Cordilleras Occidental y Real, han llevado a una serie de teorías.

Una teoría (Hughes & Pilatasig, 2002) sugiere una continuación de las rocas de Cordillera Real bajo el Valle Interandino, basados en:

- a) Anomalías negativas de Bouguer en el Valle Interandino (Feininger & Seguin, 1983).
- b) Presencia de rocas metamórficas en el flanco este de la Cordillera Occidental (BGS-CODIGEM, 1997).
- c) Presencia de rocas metamórficas entre el melange Pujilí, en el margen oeste del Valle Interandino (Hughes & Pilatasig, 2002).
- d) Presencia de xenolitos metamórficos en lavas del complejo volcánico Pichincha localizado en el margen occidental del Valle Interandino (Bruet, 1949).

Sin embargo, es probable que el basamento sea tectónicamente más complejo y que involucre a rocas de Cordillera Occidental y Real en una cuña de acreción producida por el desmembramiento de parte de la Cordillera Real en

el Jurásico Tardío – Cretácico Temprano (Egüez & Aspden, 1993) y a los procesos de acreción indicados.

El Valle Interandino en el Ecuador es una depresión tectónica – geomorfológica situada entre las Cordilleras Occidental y Real de 25 Km de ancho, 300 Km de largo, de dirección N–S a NNE-SSW, que va entre 2°10'S (zona de Alausí) hasta 0°30'N (zona del Chota) y que empezó a formarse desde el Mioceno Tardío-Plioceno, presumiblemente desde el Norte (Winkler et al, 2002).

### **2.3.3. Geología de la Cordillera Real**

La cordillera Real es definida como una serie de rocas metamórficas direccionadas en sentido NE-SW. Baldock (1982) definió una nomenclatura lito-estratigráfica de grupos para diferenciar algunas zonas de la Cordillera Real, así los “Grupos”: Llanganates, Zamora, Cofanes, Margajitas, Ambuquí y Paute.

Durante el Proyecto Cordillera Real de la British Geological Survey (BGS), Litherland et al., (1994), sustituye la nomenclatura de la Cordillera Real por “divisiones” o “terrenos” separados por mega-fallas y grandes zonas de cizalla, cada una compuesta de subdivisiones que muestran un grado de coherencia lito-tectónica.

Esta nueva cartografía fue presentada y basada en edades isotópicas, siendo la secuencia de la divisiones de Este a Oeste: Zamora, Salado, Loja, Alao y Guamote; los límites tectónicos entre las divisiones son: Falla Cosanga Méndez, Falla Llanganates, Frente Baños y Falla Peltetec (Vaca, 2005).

## **2.4. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL ASOCIADO AL ÁREA DE ESTUDIO**

El sitio de emplazamiento del Proyecto Mazar se encuentra ubicado en las laderas del valle del Río Paute y está compuesto por una parte de la secuencia metamórfica de la Cordillera Real. Corresponde a rocas metavolcánicas y metasedimentarias de edad Jurásica pertenecientes a las Subdivisiones Alao-

Paute y El Pan, pertenecientes a la División o Terreno Alao de la Cordillera Real.

Dichas rocas están cubiertas por varios depósitos Cuaternarios, de pequeño espesor: terrazas aluviales antiguas, aluvial reciente, coluviales, escombros de deslizamiento y conos de deyección; en la zona del embalse y áreas perimetrales al proyecto, existe una cobertura de material volcánico del edad Mio-Plioceno pertenecientes a la Formación Tarqui y que afloran en toda la Provincia del Azuay (Bristow y Hoffsteter, 1977).

Además depósitos Cuaternarios y Recientes identificados en las etapas previas de la ejecución del proyecto: terraza morfológica Guarainac, Formación Gualaceo, suelos residuales, terrazas aluviales antiguas, aluviales recientes, coluviales y depósitos glaciares.

Fuera del área del proyecto existen varios cuerpos plutónicos de composición ácida y básica, identificados como: intrusivo de Amaluza de edad Eoceno (40 Ma.) (Litherland et al., 1994) y Llavircay; además del complejo máfico-ultramáfico Tampanchi (62 Ma.) (Litherland et al., 1994). Fueron identificados también diques entre las subdivisiones metamórficas.

Cerca del área de estudio, Vaca (2005) identificó dos estructuras: la falla Huayrapungu y la falla San Antonio. Se definen como un sistema de fallas del basamento, que afectan incluso a las unidades recientes.

#### **2.4.1. División Alao**

Aflora como una faja de dirección NE-SO, bien expuesta desde la población de Sigsig (Azuay) al Sur a lo largo de 200 km hasta Píllaro (Tungurahua) al Norte. Limitada al Este con la división Loja de edad Paleozoico-Triásico a través del Frente Baños, al Oeste por La Falla Peltetec con La división Guamote del Jurásico, y más al Sur por los Terrenos Chaucha y Amotape del Paleozoico-Triásico (Litherland et al., 1994) .

La litoestratigrafía comprende rocas metavolcánicas y metasedimentarias de las siguientes cuatro unidades de Oeste a Este:

#### **2.4.1.1. Unidad Alao-Paute**

Aflora a lo largo de los ríos Alao, Paute y Pastaza; entre Gualaceo y Sigsig, y en la travesía de Atillo (prov. Chimborazo) a Macas (prov. Morona Santiago) donde se puede seguir la secuencia por alrededor de 15 km (Litherland et al., 1994).

Los contactos con las unidades Maguazo y El Pan son considerados tectónicos (Litherland et al., 1994). El metamorfismo es de alto grado y la litología comprende lavas metamorfoseadas (rocas verdes), intercaladas con esquistos verdes, esquistos y metasedimentos grafiticos, esquistos pelíticos cuarcitas y mármoles oscuros. La edad de depositación de esta unidad es 160Ma, con edades de reordenamiento de 92Ma, 88Ma, y 61Ma (Litherland et al., 1994).

La unidad Alao-Paute está cortada por el Plutón Magtayán y la unidad Yunguilla, ambos de edad Cretácico Tardío. La interpretación para esta unidad realizada por Litherland et al., (1994), es que pertenecen a un arco de islas oceánico, con depósitos subordinados sedimentarios de aguas profundas.

#### **2.4.1.2. Unidad El Pan**

Definida por Bristow (1973) como los esquistos de El Pan. Ocurre como un cinturón alargado de 70 km de largo por 7 km de ancho, siguiendo el tren andino a lo largo del Río Paute.

Está compuesta de esquistos verdes y grafiticos y filitas cuarzo-sericíticas; en menor cantidad cuarcitas, esquistos de clorita y actinolita, mármoles negros, rocas calco-silíceas ricas en epidota, rocas con tremolita-clinozoisita. Los protolitos corresponden a tobas silíceas, arcillas y mármoles.

La edad está definida tentativamente mediante identificación de *Uvaesporites*

sp. (Riding, 1989b) pertenecientes al Jurásico medio al Cretácico temprano. Esta serie podría representar una secuencia marina de tras-arco del arco de islas oceánico Alao-Paute; tiene particular significancia la ausencia de formaciones turbidíticas masivas, como las de la unidad Maguazo (Litherland et al., 1994).

#### **2.4.1.3. Unidad Maguazo**

Aflora desde San José de Poaló (prov. Tungurahua) hasta el Río Paute al sur a lo largo de un cinturón de 200 km de largo y entre 5 y 10 km de ancho, limitado por la Ofiolita Peltetec al Oeste y la unidad Alao Paute a través de la falla San Antonio al este.

La litología comprende una secuencia basáltica turbidítica-andesítica ligeramente metamorfizada. Las turbiditas son de grano fino al norte y más volcanoclásticas hacia el sur, donde tienen secuencias laminadas y tobas calcáreas no laminadas.

Litologías menores de esta unidad incluyen: filitas púrpuras y negras, filitas piríticas o ferruginosas, filitas verdes de origen tobáceo, ortocuarcitas rojizas finas y cherts.

La edad para esta unidad es Oxfordiano-Caloviano del Jurásico, determinada en base a paniflora y acritarcos (Litherland et al, 1994). La interpretación realizada por Litherland et al., define a esta unidad como depósitos de ante-arco marino correspondientes al arco Alao-Paute, la presencia de turbiditas y acritarcos podrían indicar un ambiente de alta energía.

#### **2.4.1.4. Unidad Peltetec**

Aflora entre la población de Penipe al norte y el Río Zula al sur en la parte oeste de la Cordillera Real; corresponde a un cinturón de 1 2 km de ancho y aproximadamente 85 km de largo. Limita al este con depósitos de la División Guamote y al oeste tiene un contacto de tipo tectónico con la unidad Maguazo

de la División Alao.

Consiste de metagabros, y metabasaltos y peridotitas asociados a serpentinitas, doleritas piroxenitas, hornblenditas filitas y rocas sedimentarias volcanoclásticas basálticas; todas las litologías están definidas dentro un Melange Ofiolítico (Litherland et al., 1994). La edad de esta unidad está definida por una correlación entre Las unidades Guamote y Maguazo que contienen fósiles jurásicos.

#### **2.4.2. Formación Tarqui**

Son los depósitos volcánicos de cobertura. Son alrededor de 1000 m de tobas, material piroclástico, y lavas de composición predominantemente dacítica-riolítica, que afloran en toda la provincia del Azuay (Bristow y Hoffsteter, 1977) cubriendo discordantemente además los depósitos de la cuenca de Cuenca.

Corresponden depósitos de edad post-plegamiento de la secuencia terciaria de la cuenca de Cuenca, entre 6 y 3Ma (Hall y Beate, 1991). Se distingue dos miembros: Mb. Tarqui y Mb. Llacao (Steinmann, 1997):

**Mb. Tarqui**, que está compuesto predominantemente por depósitos de caída que en su momento cubrieron los la topografía pre-existente. Son poco consolidados y fuertemente meteorizados. La secuencia consiste de aglomerados desde andesíticos hasta riolíticos y tobas de un ambiente asociado a una fuerte fase eruptiva (Steinmann, 1997). La edad según trazas de fisión es Mio-Plioceno (6,8-5,1Ma) (Steinmann, 1997).

**Mb. Llacao**, compuesto mayormente por depósitos de tipo abanico aluvial volcanoclástico, derivados desde el oeste (Steinmann, 1997). De edad  $5,1 \pm 0,1$  Ma según trazas de fisión en la parte superior de la secuencia.

### 2.4.3. Estructuras a nivel regional asociadas al área de estudio

Cerca del área de estudio han sido identificadas dos estructuras fundamentales: la falla Huayrapungu y la falla San Antonio (Vaca, 2005).

#### 2.4.3.1. Falla Huayrapungu

Es una prolongación de la falla Peltetec hacia el sur (Litherland et al., 1994). Cerca del área de estudio, esta falla provoca una mayor inclinación de las capas estratificadas de la formación Yunguilla del Cretácico tardío, produciendo además un sobre-corrimiento de estratificación de pequeña escala y ángulo suave hacia el Oeste con la formación Tarqui (Pleistoceno) (Litherland, 1988). Vaca (2005), define el sistema de fallas **Huayrapungu** formada por dos segmentos:

- El primero, una falla de basamento alineada con el Río Huayrapungu de dirección NE-SW que verticaliza los estratos de la Formación Yunguilla y se proyecta hacia el norte perdiéndose bajo depósitos volcánicos pliocénicos.
- El segundo se encuentra 1 km al oeste del Río Huayrapungu, con una dirección NE-SW inversa con buzamiento hacia el 45° NW, y que hacia el sur se une con la Falla Ingapirca (UTM 737 500; 9 711 000) lo que acuña y sobrecorre a la Unidad Punín del Jurásico sobre sedimentos cretácicos. Las fallas de Huayrapungu han provocado un intenso fracturamiento y plegamiento de los sedimentos cretácicos.

#### 2.4.3.2. Falla San Antonio

La segunda coincide con la Falla San Antonio definida por Litherland et al., (1994) o Falla Santa Ana-Tahual de Steinmann (1997). La Falla San Antonio es definida como el límite entre la Unidad Maguazo y la Formación Yunguilla (Litherland, 1988).

Steinmann (1997) interpreta a la Falla Santa Ana-Tahual como una falla de cabalgamiento de la Formación Yunguilla (Kr) sobre la Formación Quingeo. Litherland (1988) indica que la falla es la responsable del emplazamiento del Intrusivo de Pilzhum y tendría un control tectónico de la mineralización.

Vaca (2005) renombra a la falla como Queseras, y la define como una falla de basamento de tipo normal que ejerció un control tectónico sobre los depósitos sedimentarios de la Formación Quingeo, pero no es el límite entre unidades del cretácico con las metamórficas de la División Alao, ya que sedimentos de la Formación Yunguilla se pueden encontrar también al lado este de la falla.

Luego sufriría una inversión tectónica, quedando como inversa de bajo ángulo, limitando a los sedimentos de la formación Quingeo (Eoceno medio) y está relacionada con la deformación del Mioceno superior de la cuenca de Cuenca.

#### **2.4.4. Intrusivos cercanos al área de estudio**

Los siguientes cuerpos plutónicos fueron identificados fuera del área del proyecto:

- Intrusivo de Amaluza localizado en los alrededores de la Presa Daniel Palacios, de composición mayoritariamente granodiorítica y con una edad de 40 Ma (Litherland et al., 1994).
- Intrusivo Llavircay, localizado en el valle del río del mismo nombre y relacionado el de Amaluza.
- Diques de composición media a básica observados entre las subdivisiones metamórficas, con direcciones N-S y N45°E/50°-70°W.
- El cuerpo intrusivo de Pilzhum del Cenozoico superior, y consiste de un stock de pórfido dacítico en el que existe una mineralización epitermal de sulfuros con Ag (Litherland et al., 1994), que fue explotada desde la colonia, reportada por Wolf (1892).



- Complejo máfico y ultramáfico Tampanchi, ubicado al oeste del área del proyecto, reconocido al este de Taday y que Bristow (1975) reportó de composición anfibólica. Está esencialmente compuesto de rocas ultrabásicas no deformadas, piroxenitas, gabros, anfibolitas y algunas rocas ácidas que cortan la secuencia metamórfica Jurásica de la unidad Alao-Paute. Dataciones de K-Ar en hornblendas dan edades de entre 60 y 65 Ma, lo que sugiere una edad de Paleoceno temprano (Litherland et al., 1994).

## **2.5. MARCO GEOLÓGICO LOCAL**

Los datos utilizados para el desarrollo de este tema fueron obtenidos de varios informes previos a la ejecución, elaborados desde 1982 hasta 1991, recopilados en el Informe Final Geología Anexo No. 3, abril, 1996; donde se incluye información geológica regional y de detalle, investigaciones de subsuelo (galerías, perforaciones, sísmica de refracción y resistividad eléctrica. Dentro del contexto geológico fueron analizadas varias alternativas como sitio para la construcción del proyecto, en cada una de ellas se realizaron las investigaciones anteriormente mencionadas.

En la campaña de 1996, fue analizado con detalle el sitio de presa Ingapata III (UTM: 9713200N/764500E), que posteriormente sería el escogido como lugar del emplazamiento, ya que brindaba las condiciones necesarias para la construcción de una presa de enrocado con cara de hormigón (CFRD).

En el área del proyecto afloran rocas que corresponden a la División Alao y dentro de ésta a la subdivisión Alao-Paute (Litherland, 1992), es decir, rocas de naturaleza metavolcánica y metasedimentaria, que contienen esquistos (cuarcíticos, cloríticos, pelíticos, grafíticos), mármoles, horizontes de rocas verdes andesíticas y metatobas; que sirven de base para la fundación del plinto de la presa, y esquistos verdes y filitas de la subdivisión El Pan en la zona del embalse. Estas dos subdivisiones están parcialmente cubiertas por rocas cuaternarias de pequeño espesor (INECEL, 1996).

La subdivisión Alao Paute en el Estudio Alternativas de Presa Mazar, octubre 1991, se divide a nivel regional en tres formaciones: Esquistos El Pan, Esquistos Tubán y Metavolcánicos San Francisco. La formación San Francisco fue dividida en cuatro unidades geológicas de acuerdo a los sitios de presa iniciales: Ingapata, La Letra, San Pablo y La Ermita.

En el área de la alternativa Ingapata III aflora únicamente la unidad Ingapata (INECEL, 1991), pero se describen además las unidades La Letra y la Ermita, como parte de la subdivisión Alao-Paute, cuyas características litológicas son:

### **2.5.1. Unidad La Letra**

Infrayace a la unidad Ingapata, su contacto se observa a partir de la confluencia de los ríos Paute y Mazar en su margen izquierda.

Trabajos anteriores (p.e. 1982) la ubican en el margen izquierdo hasta aguas abajo de la desembocadura de la Quebrada Llavircay en el río Paute, seguida por una secuencia de rocas que en profundidad corresponde a una intercalación de paquetes gruesos de esquistos verdes, metavolcánicos de color gris y gris verdoso, masivo con texturas y minerales relictos ígneos denominado unidad San Pablo.

Esta unidad continúa hacia abajo con una secuencia igual a la que conforma la unidad La Letra, es decir: esquistos verdes de fina foliación, esquistos gráficas, cuarcitas de colores gris claro y oscuros y filitas, diferenciables de los anteriores por su grado de alteración, oxidación, contenido de sílice, granulometría y espesor. Para los autores del Informe Final Geología Anexo No. 3, abril, 1996, se trata de una sola unidad, con una variación de facies.

Aflora también en los caminos de acceso a las poblaciones de Shall, Shoray y Taday. En las vías hacia San Juan, Pindilig y Taday, afloran cuarcitas, metatobas y meta-andesitas, atribuidas al miembro inferior de la subdivisión Alao Paute (INECEL, 1982). Esta secuencia se observa hacia el Oeste formando un contacto discordante con rocas de la formación Yunguilla. Este

contacto se puede apreciar en el curso del Río Dudas, cercano a la población de Asunción al NW de Pindilig.

### **2.5.2. Unidad Ingapata**

La faja suprayacente a la unidad La Letra se la ha subdividido en tres miembros:

Miembro superior, de 80 m de espesor. En él predominan cuarcitas de color gris oscuro intercaladas con capas de esquistos cloríticos, filitas, esporádicos niveles calcáreos y patinas de carbonatos de calcio entre los planos de diaclasamiento.

El miembro intermedio de 300 m de potencia aproximada, conformada por franjas alternantes de esquistos cloríticos masivos y finamente laminados, esquistos cloríticos silicificados, cuarcitas masivas que incluyen vetas de cuarzo.

El miembro inferior de 150 m de espesor aproximado, está representado por esquistos cuarcíticos (muscovíticos, zoisíticos, plagioclasa, biotita y epidota), de color gris oscuro, distribuidos en estratos y/o paquetes masivos con capas delgadas de fina foliación; alternados con paquetes de rocas metavolcánicas de color gris y gris verdoso (INECEL 1982). Aflora desde el estribo izquierdo de la desembocadura del Río Mazar sobre el Río Paute, y se puede seguir hasta aguas arriba de la quebrada de Ingapata. Rocas de esta unidad son las que están formando la base para la fundación de la presa.

### **2.5.3. Unidad La Ermita**

Está constituida por una intercalación de capas y paquetes de cuarcitas, esquistos cloríticos, metatobas y meta andesitas; el conjunto se presenta en unos tramos en estratos gruesos de 1,2 m y masivos, en otros con evidente predominio de capas delgadas, foliación fina y una fuerte deformación tectónica (plegamiento, desarrollo de boudinage, fuerte fracturamiento y fallamiento).

#### **2.5.4. Depósitos recientes**

Escombros de deslizamiento (coluviales) y depósitos no consolidados de origen aluvial se observan indistintamente en toda el área del proyecto (Sitio de implantación de obras y embalse) y afectan a rocas de las subdivisiones Alao-Paute y El Pan. Estos niveles de terrazas antiguas y recientes fueron identificados en las etapas iniciales de factibilidad, en base a reconocimientos de campo y fotointerpretación. A continuación se describen sus principales características:

##### **2.5.4.1. Terraza Morfológica Huarainac**

Se conoce con este nombre a los depósitos no consolidados, formados por una alternancia de grava fluvial con niveles de limo arcilloso de color rojo y café rojizo presentes en la parte central; y depósitos coluviales que incluye grandes bloques y sedimentos fluviales en el resto de la terraza, que cubren la secuencia estratigráfica de la subdivisión El Pan y ocupan las áreas planas, ubicadas en el flanco izquierdo del río Paute entre Tuncay y el río Pindilig (INECEL 1982).

Los materiales sueltos fueron suministrados por derrumbes que se desarrollaron sobre rocas y material residual tanto de la subdivisión Alao-Paute como del complejo máfico y ultramáfico Tampanchi.

##### **2.5.4.2. Suelos y Depósitos Recientes**

Relictos de terraza antigua conformada por cantos rodados, bloques y grava distribuidos en una matriz de arena limosa. Son observados en las cercanías de Tuncay, Jurupillos y en el valle del Collay-Paute y se ubican en diferentes niveles: 10, 25, 50 m y esporádicamente hasta 100 m por encima del lecho actual del río (INECEL 1982).

En el valle del río Paute, no se observan depósitos aluviales recientes de extensión significativa, debido al cauce encajonado y a la erosión intensa. Los

depósitos que existen contienen bloques y grava distribuidos en una matriz de arena limosa. En el área del proyecto, su potencia se estima en el orden de los 25 m. Formando parte de los depósitos de superficie se encuentran materiales coluviales con espesores que varían desde 5 m hasta 42 m, representados por fragmentos angulosos de composición petrográfica variable, diferente grado de meteorización y distribuidos en una matriz limosa de color café amarillento.

### **2.5.5. Tectónica local**

En los estudios de factibilidad: marzo de 1982, mayo de 1984 y octubre de 1991 (INECEL varios autores), se realizaron descripciones de la evolución y estructuras tectónicas. Se tiene una fase de plegamiento previa al emplazamiento del Plutón de Amaluza, y al menos dos fases de plegamiento sincrónicas o posteriores a este evento.

Evidencias de estas fases son los cambios de dirección de la foliación, de N-S hacia E-W, plegamientos isoclinales, boudinage, entre otras estructuras. La actividad neotectónica en la zona del proyecto y su área de influencia fue realizada en el Estudio de Peligro Sísmico para la región del proyecto Mazar, YEPEZ H., INECEL, 1998, además, han sido cuantificadas también al menos tres juegos de diaclasas y una conjugada, además de la foliación de las unidades.

#### **2.5.5.1. Evolución tectónica**

Fueron reconocidas tres fases de deformación tectónica que se deben a sistemas de esfuerzos compresivos y en áreas vecinas se identificó rasgos estructurales que acusan efectos de distensión. Según Bristow, las rocas de la serie Paute y/o subdivisión Alao-Paute sufrieron el diastrofismo principal durante la fase Laramídica, generando una compresión intensa en dirección general Oeste-Este.

La fase de plegamiento principal ocurrió con anticipación a la intrusión del batolito de Amaluza. Los pliegues son muy comprimidos, isoclinales,

acompañados por una foliación extremadamente desarrollada y boudinage en los horizontes de roca competente; los pliegues mayores fueron sustituidos por fallas de empuje, resultando estructuras de escamas tectónicas.

Posterior a esta fase principal se produjeron por lo menos dos plegamientos adicionales que provocaron la rotación de las estructuras antiguas, las dos últimas fases de deformación se cree que anteceden o coinciden con la intrusión del batolito de Amaluza de edad Cenozoica.

El desarrollo morfológico del valle del río Paute y la posición de las terrazas aluviales se interpreta como el producto de levantamientos orogénicos, aparentemente homogéneos de la zona y posiblemente con cierta inclinación.

#### **2.5.5.2. Estructuras tectónicas**

La estructura geológica principal corresponde al sinclinorio del río Paute cuyo eje se alinea en dirección N-NE (INECEL, 1982). En el sector de Santa Rita (norte) se observa las primeras evidencias de cierre de la estructura, en cambio en el sur se registró un mayor grado de complejidad, por lo que se requiere de un reconocimiento geológico estructural de mayor detalle en este sector.

En la zona del proyecto ocurre un cambio continuo de la dirección de la esquistosidad de la siguiente forma:

- El rumbo de la foliación va de N-S en el sitio del río Pindilig, luego en el sector de la quebrada Shall es N30°E, en el sitio de eje de presa Ingapata II es N70 °E y finalmente en el área de casa de máquinas W-E dando un giro de 90° a la estructura conformando de esta manera el cierre del sinclinorio, los ángulos de buzamiento varían de 90° a 45° inclinados primero hacia el Este y luego hacia el Sur.
- En la zona del embalse y en el área de la alternativa Ingapata III, se identificó algunos sistemas de fallamiento regional, fallas de salto, desplazamiento transcurrente de pocos metros y escamas tectónicas,

discontinuidades que se describen a continuación:

- En la confluencia de los ríos Collay y Paute las fallas se orientan  $N10^{\circ}E/80^{\circ}W$  y  $N30^{\circ}E/80^{\circ}W$ .
- En el sector comprendido entre la quebrada Jurupillos y Ramos, a nivel del río Paute, las fallas y diques tiene las siguientes direcciones N-S y  $N45^{\circ}E/50^{\circ}-70^{\circ}W$ .
- En la proximidad a la desembocadura de la quebrada Chontas en el Paute la falla tiene una dirección N-S/ $60^{\circ}W$ .
- En la quebrada Chontas a nivel de carretera, existe los siguientes sistemas de fallamiento NS/ $50^{\circ}W$ ,  $N30^{\circ}E/70^{\circ}SE$  y  $N45^{\circ}E/70^{\circ}SE$ .
- En la confluencia de los ríos Mazar y Paute, existe tres sistemas de fallamiento  $N30^{\circ}E/50^{\circ}SE$ , estructura que experimentó el desplazamiento del bloque oriental de por lo menos una decena de metros en sentido norte, E-W/ $50^{\circ}-80^{\circ}S$  y  $N30^{\circ}W/56^{\circ}NE$ .
- En el sitio de la tarabita existen los siguientes sistemas de fallamiento N-S/ $70^{\circ}E$ , N-NE/ $56^{\circ}-70^{\circ}SE$  y N-NW.
- En el eje de presa de la alternativa San Pablo (tarabita) se identificó dos sistemas de fallamiento de dirección E-W/ $50^{\circ}S$  y N-S/ $50^{\circ}E$ . La segunda estructura desplaza al bloque oriental y a la falla anterior en 5 m en dirección norte.
- El contacto oriental entre las subdivisiones Alao-Paute y El Pan es definido por la falla de carácter regional Peñas Coloradas de dirección N-NE.
- Las estructuras indicadas en el texto están representadas en los planos geológicos 0203-G-0101, INECEL 1992.

La información de la actividad neotectónica en la zona del proyecto y su área de influencia está actualizada en el Estudio de Peligro Sísmico para la región del proyecto Mazar, YEPEZ H., INECEL, 1998, donde se concluye entre otras cosas que:

- Hacia el Sureste, el sistema de fallas Girón, de dirección paralela a la primera y que controla estructuralmente las cuencas de Santa Isabel, Girón y Cuenca, ha sido descrita por Winter, 1990 como una falla normal, activa con movimientos que pueden variar entre 0.1 y 0.5 mm/año; mientras que INECEL, 1997, la cita como una falla transcurrente con velocidades del orden de 0.2 mm/año. El mecanismo de falla está por tanto, en discusión.
- El sistema de fallas Sigsig o Gualaceo ubicado al oriente de la falla Girón y que también tiene dirección EN – SW, es reconocido por Egüez (1998) e INECEL, 1997 como una estructura sin evidencia de desplazamiento de campo y actividad neotectónica. Al noreste de este sistema se describe la falla Peñas Coloradas (INECEL, 1997) asociada a microsismicidad de baja magnitud monitoreada durante los Estudios de microsismicidad del proyecto Paute-Mazar (INECEL, 1983).
- Otra zona de concentración de microsismicidad ubicada aproximadamente a 19 Km al Sureste del sitio de emplazamiento de obras puede estar asociada a una estructura aún no definida.
- Respecto a las fallas del frente Subandino, INECEL (1997) y otras etapas, identificó varios sistemas de cabalgamiento y transcurrente derecho, estructuras que se encontraron distribuidas en una faja del orden de 18 km y de dirección NNE-SSW. Al interior de esta faja no se ha encontrado evidencias de fallamiento activo, sin embargo la sismología y los datos de prospección petrolera evidencian que los esfuerzos de deformación están siendo absorbidos por los levantamientos que caracterizan a la zona Subandina.



- Se concluye por tanto que el sitio del proyecto ubicado entre dos ambientes de deformación, no presenta evidencias claras de fallamiento activo en su cercanía a más de la sismicidad de baja magnitud asociada a la falla Peñas Coloradas ubicada a 3.5 km del sitio de emplazamiento de obras y otro sitio de concentración de microsismicidad a 19 Km al Sureste.

En el estudio, alternativas de la presa Mazar (octubre de 1991), se resumen los siguientes sistemas de diaclasamientos predominantes observados en los sitios de presa Ingapata II e Ingapata III (actual sitio de emplazamiento de obras) que se muestran en la siguiente tabla:

SISTEMA	DIP (°)	DIP DIRECTION (°)	RUMBO (°)	BUZAMIENTO (°)
<b>Foliación (S)</b>	168	70	N78°E	70° SE
<b>Diaclasas (A)</b>	48	62	N42°W	62° NE
<b>Diaclasas (B)</b>	290	30	N20°E	30° NW
<b>Diaclasas (C)</b>	88	61	N02°W	61° NE
<b>Diaclasas (C')</b>	264	85	N06°W	85° SW

**Tabla 2.1.** Sistemas de diaclasas predominantes de los sitios de presa Ingapata II y III (según INECEL, 1991)

## 2.6. GEOLOGÍA DE DETALLE DEL SITIO DE OBRA.

La alternativa Ingapata III, inicialmente concebida como una presa en escollera (INECEL 1991), fue diseñada y construida como una CFRD (Presa de enrocado con cara de hormigón), para lo cual a partir de 1991 se continuó con los estudios de factibilidad con este diseño, obteniendo en varias campañas datos sobre la geología de detalle.

En la etapa de construcción, fueron realizados un mapeo geológico de detalle a lo largo de la cimentación del plinto de la presa además de sondeos exploratorios para las inyecciones. Con estos datos se ha realizado una descripción detallada de la geología del plinto izquierdo y talón de la presa haciendo énfasis en la litología, meteorización, y fracturación de la roca.

## **2.6.1 Geología del sitio de obra**

El eje de presa Ingapata III se ubica a 300 m aguas arriba de la desembocadura del río Mazar en el Paute. En etapas de estudios de factibilidad y diseño se definió que la cimentación la conforman rocas metamórficas del miembro superior de la subdivisión Alao-Paute identificado en esta zona como Unidad Ingapata, la misma que se subdividió en tres horizontes (INECEL, 1991), basándose en las siguientes características petrográficas:

### **2.6.1.1. Nivel superior**

De 80 m de espesor, constituido por una intercalación de esquistos cloríticos, filitas, cuarcitas de color gris oscuro y esporádicos niveles calcáreos y patinas de carbonatos de calcio entre los planos de fractura y/o foliación. Las galerías GI-7B, GI-10 y GI-6 y perforaciones PM-5 y PM-4, atraviesan parte de este horizonte (INECEL, 1991). Afloramientos de este nivel están expuestos en superficie en La Quebrada Ingapata y en la margen derecha del río Paute frente a la desembocadura de la quebrada.

### **2.6.1.2. Nivel intermedio**

De 300 m de espesor aproximado, conformado por una secuencia de esquistos cloríticos masivos y finamente laminados, esquistos cloríticos-cuarcíticos y cuarcitas masivas con vetas de cuarzo, a nivel de río se encuentran fracturados. Las perforaciones PM-1, PM-2, PM-5, PM-7, PM-8, PM-9, SI-29, SI-26, SI-21, SI-15 y las galerías GI-7B, GI-9, GI-11 y PM-G-1 (INECEL, 1996) cortan parte de la secuencia estratigráfica de este nivel.

### 2.6.1.3. Nivel inferior

De 150 m de espesor, está formado por esquistos de cuarzo-muscovita-zoisita-plagioclasa-biotita-epidota, de color gris oscuro, masivos, o en capas delgadas y de laminación fina, alternados en unos sitios por paquetes metavolcánicos de color gris y gris verdoso. Las galerías GI-11 y PM-G-1, y perforaciones SI-32, SI-33 y S1-35 atraviesan este nivel.

### 2.6.1.4 Depósitos de cobertura

Cubriendo parcialmente a las unidades descritas están los siguientes depósitos no consolidados:

- **Coluviales**, con espesores que varían desde 5 m hasta 42 m, representados por fragmentos angulosos de composición petrográfica variable, diferente grado de meteorización y tamaño, distribuidos en una matriz limosa de color café amarillento. Presentes sobretudo en el margen izquierdo del Río Paute, y que fueron removidos para alcanzar el nivel de cimentación del plinto de la presa (INECEL, 1998).
- **Terrazas antiguas**, constituidas por bloques de diferente naturaleza petrográfica, formas redondeadas y subangulares, diámetros entre 0, 1 m a 1,5 m, distribuidas en una matriz de grava y arenas limosas muy oxidadas, su potencia varía entre 3 y 7 m y ocupan los pequeños cambios morfológicos existentes a escasos 10 m sobre el cauce del río Paute; las terrazas antiguas están cubiertas por escombros de deslizamiento y coluviones con espesores que varían entre 25 m y 42 m (INECEL, 1982).
- **Los depósitos aluviales recientes**, se localizan en la cuenca de inundación del Paute y están formados por bloques de diferente naturaleza petrográfica, formas redondeadas y subangulares dispuestas en una matriz de grava y arena; su potencia se estima en el orden de 25 m. Localmente fueron identificados en depósitos tipo cono de deyección

en la desembocadura de la Quebrada Ingapata (INECEL, 1998).

En la etapa de construcción de la presa, durante el mapeo a detalle a lo largo de la cimentación para el plinto de la presa se reconocieron las siguientes litologías asociadas al nivel intermedio de la unidad Ingapata descrita en informes anteriores para INECEL desde 1982, es decir: intercalaciones de esquistos cuarcíticos color gris masivos, esquistos cuarzo-cloríticos gris verdoso masivo o laminado, esquistos cloríticos color verde finamente laminados, esquistos de clorita y sericita color verde-crema muy foliados y cuarcitas color gris verdosa, masiva.

### **2.6.2 Geología estructural del sitio de obra**

Teniendo en cuenta los estudios realizados hasta 1998, *los sistemas de fallamiento principales* en la zona de emplazamiento de las obras, tienen las siguientes direcciones de buzamiento y buzamientos generales:

- Falla con desplazamiento de rumbo,  $120^{\circ}/50^{\circ}$ .
- Un sistema de fallas casi paralelas a la foliación que se describe en las galerías GI-7B, GI-11 y PM G-1 y coincide con los datos estructurales levantados en superficie  $180^{\circ}/50^{\circ}$ .
- Diques de rocas subvolcánicas  $0^{\circ}/90^{\circ}$ .

El plegamiento principal que afectó a las rocas de la zona corresponde a un conjunto de pliegues que forman parte de una amplia estructura cóncava denominado sinclinorio del río Paute (INECEL, 1991). Los plegamientos secundarios observados en las unidades Ermita e Ingapata, corresponden a la flección en forma de S (monoclinal) por efectos del desplazamiento a lo largo de un eje sin que en superficie aparezcan grietas de fractura o falla.

Así mismo, se han definido varios *sistemas de fracturamiento principal*. La tabla siguiente resume los datos estructurales más importantes:

<b>SITIO</b>	<b>ESTRUCTURA</b>	<b>DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO</b>	<b>BUZAMIENTO</b>
<b>MARGEN IZQUIERDA</b>	<b>Foliación</b>	165°	68°
	<b>Fallas</b>	180°	50°
		180°	70°
	<b>DIACLASA A</b>	54°	65°
	<b>DIACLASA B</b>	312°	30°
	<b>DIACLASA C</b>	88°	61°
<b>DIACLASA C'</b>	260°	80°	
<b>MARGEN DERECHA</b>	<b>Foliación</b>	154°	45°
	<b>Fallas</b>	170° a 180°	42° a 70°
		112°	56° a 70°
	<b>DIACLASA A</b>	41°	66°
	<b>DIACLASA B</b>	290°	30°
	<b>DIACLASA C</b>	95°	50°
		84°	80°
<b>DIACLASA D</b>	347°	26°	

**Tabla 2.2.** Sistemas de fracturamiento principal en la zona de emplazamiento de obras.

## CAPÍTULO 3

### 3. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS DE LA ROCA

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

Los estudios geológico – geotécnicos realizados durante los períodos de factibilidad, construcción del plinto de la presa y sondeos exploratorios para la cortina de inyección permitieron conocer las características del macizo rocoso: litología; tipos de discontinuidades: su orientación y condiciones geotécnicas (abertura, continuidad, relleno, alteración); el perfil de meteorización, etc. Estos parámetros fueron la base principal para el diseño de la cortina.

Por las condiciones morfológicas del valle el macizo del estribo izquierdo se presenta mucho más alterado y relajado, que el estribo derecho donde la roca parece menos alterada. El fondo del valle se caracteriza por rocas menos alteradas y discontinuidades cerradas a una profundidad somera; en el estribo izquierdo la meteorización es más acentuada; en el estribo derecho persisten las condiciones de relajación con estructuras más verticales.

Los datos sobre las condiciones litológicas y estructurales se obtuvieron de los mapeos geológicos de superficie, sondeos geotécnicos e investigaciones geofísicas, ejecutados en las diferentes etapas de investigación, incluyendo los efectuados por el Contratista en la etapa de construcción, así como en el mapeo detallado ejecutado en las excavaciones para la cimentación del plinto.

Las condiciones geo-mecánicas de la roca y su relación con las características estructurales permitieron delimitar profundidades de consolidación y de impermeabilización; permiten también orientar los huecos de inyección de tal manera que crucen los sistemas de fracturas seleccionados como los más importantes en lo que tiene relación con la persistencia y la apertura. Estas características también se consideran importantes para la dosificación de las

lechadas.

Para tener un control óptimo de todo el proceso de inyecciones, se hace una diferencia según la ubicación de los mismos, el plinto de la presa ha sido dividido de plinto izquierdo, talón de la presa y plinto derecho (figura 3.1). Se utilizó la progresiva de la abscisa de las inyecciones, iniciando en la parte superior del plinto izquierdo, con un valor 0+050,0.

Durante el proceso de inyecciones, fueron realizados catorce sondeos exploratorios mediante los cuales se obtuvo datos geológicos, geotécnicos y de permeabilidad para cada sector, que son analizados en el presente proyecto de titulación, los datos son presentados en la siguiente tabla para el Sector 1 (tabla 3.A1.1), mostrados de una forma sintetizada; las tablas para los demás sectores se encuentran en el ANEXO I. Un análisis geológico, geotécnico, de permeabilidad y estadístico escrito se realiza a continuación en cada sector.

### **3.2. PLINTO IZQUIERDO DE LA PRESA MAZAR**

El plinto izquierdo está localizado en la parte baja de la ladera izquierda del Río Paute, entre las cotas 2000 m y 2159,55 m, entre las abscisas 0+050 – 0+347,5.

La zona está caracterizada por una pendiente media a fuerte, la cimentación se hizo en rocas relajadas en la parte inferior; y, fracturadas, meteorizadas, con abundantes intercalaciones de zonas de cizalla en la parte superior.

En base del mapeo geológico de la trinchera de cimentación del plinto y de los análisis de los testigos de los sondeos exploratorios: CZT 55,4; CZP 78,9; CZC 111,8; CZP 136,9; CZP 166,7; CZS 192,6; CZP 223,1; CZP 250,2; CZP 277,4; CZP 304,5 y CZP 332,2 (mapa 3.1), se desprende que en el plinto izquierdo predominan rocas foliadas (70% esquistos cuarcítico-micáceos y esquistos micáceos), con intercalaciones masivas (30% esquistos cuarcíticos y cuarcitas).

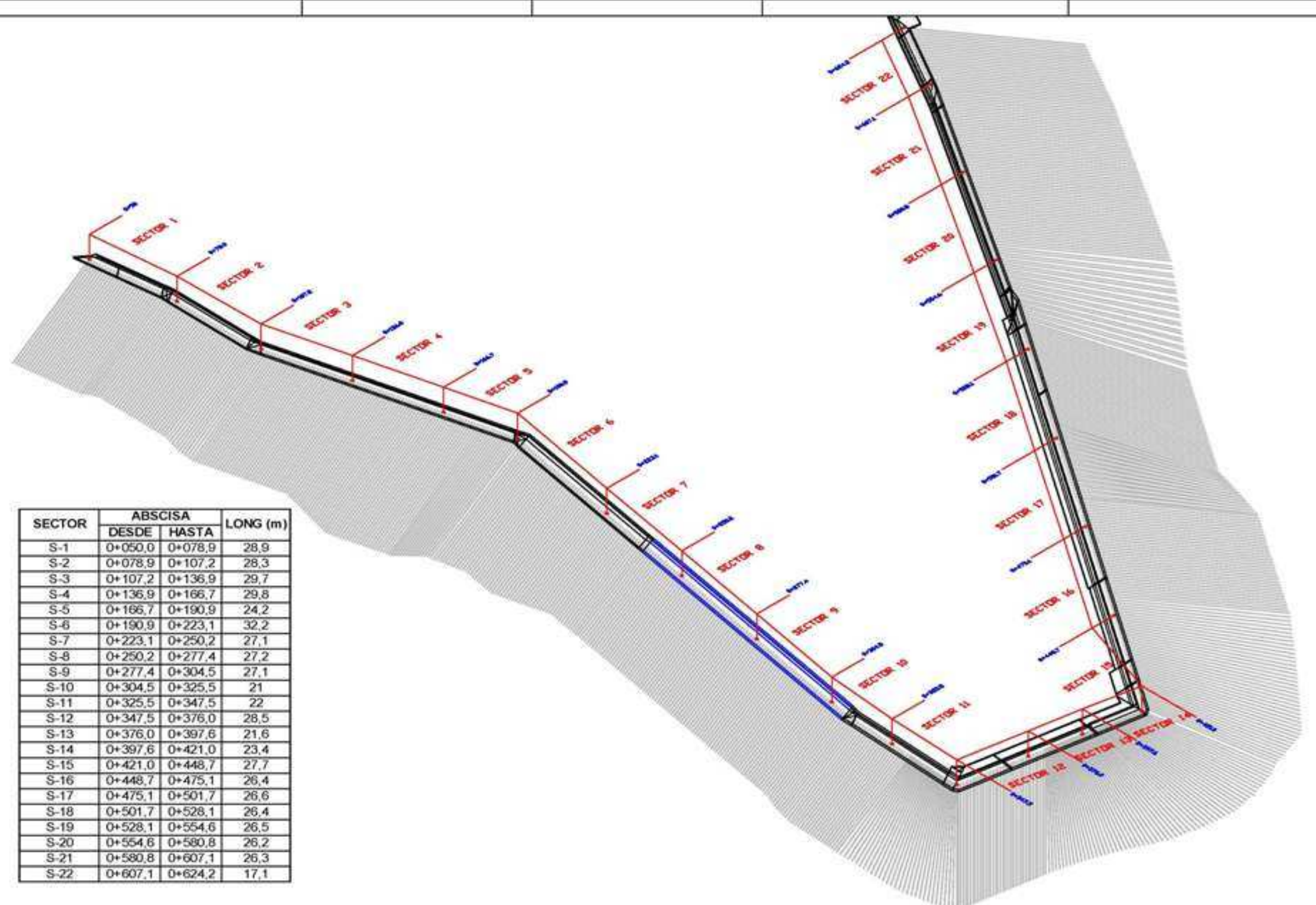


Figura 3.1: isometría esquemática de inyecciones.

PROYECTO HIDROELECTRICO MAZAR	
INYECCIONES ISOMETRIA ESQUEMATICA PLINTO SECTORES INYECCIONES (LINEA C)	
Figura 3.1	



La roca se encuentra mediana a altamente meteorizada, muy fracturada con espaciamiento estrecho; la profundidad de fracturación y alteración en la parte superior es mayor a 30 m.

Las discontinuidades más importantes son la foliación con disposición  $F=N81^{\circ}E/69^{\circ}SE$ , las diaclasas principales  $S1= N06^{\circ}W/79^{\circ} NE$  y las diaclasas secundarias  $S2= N44^{\circ}E/18^{\circ}NW$ .

Se presenta también un perfil geológico-geotécnico (perfil 3.1) donde se muestra un resumen de las condiciones del macizo antes del proceso de inyecciones.

Como se mencionó anteriormente, se definieron once Sectores para las inyecciones, iniciando la nomenclatura desde la abscisa 0+50,0 del plinto izquierdo, y que se continúa utilizando para el siguiente análisis:

### **3.2.1. Sector 1 (abscisa 0+050 - 0+078,9)**

El Sector 1 se caracteriza por la predominancia de rocas foliadas con un 90% de esquistos micáceo-cloríticos y esquistos cuarzo-micáceos; e intercalaciones de rocas masivas, es decir 10% de esquistos cuarcíticos.

Morfológicamente este Sector forma parte de la ladera del estribo izquierdo, el cual tiene su origen en rocas micáceas, altamente meteorizadas.

Según el levantamiento geológico en la excavación para la cimentación del plinto y el sondeo exploratorio CZT 55,4 (perfil 3.1), en la tabla 3.A1.1 se muestran las características geológico-geotécnicas del Sector, y se realiza un resumen escrito a continuación:

- Macizo rocoso mediana a ligeramente fracturado con tramos fragmentados y descomprimidos hacia la superficie; hasta los 42 m de profundidad las discontinuidades están abiertas, con paredes oxidadas, en los tramos superficiales es importante el contenido de limo arcilloso.

- En 15 pruebas de permeabilidad se tiene un 60% de valores mayores a 100 UL, 20% entre 50 y 100 UL y el 20% restante entre 5 y 25 UL.
- Las absorciones de lechada en un 60% son mayores a 50 l/m, con siete tramos mayores a 100 l/m, con un máximo de 552 l/m, el 40% restante está entre 5 y 50 l/m.

### **3.2.2. Sector 2 (abscisa 0+78,9-0+107,2)**

El Sector 2 se caracteriza por la predominancia de rocas foliadas (71% = esquistos cuarzo-micáceos y esquistos micáceos cloríticos) con intercalaciones de rocas masivas (28% = esquistos cuarcíticos y 1% cuarcitas y/o metavolcanitas).

Morfológicamente el Sector 2 forma parte de una depresión bien marcada, la cual tiene su origen en rocas descomprimidas y cizalladas, altamente meteorizables.

Según el sondeo exploratorio CZT 78,9 y el levantamiento geológico en la excavación para la cimentación del plinto (perfil 3.1, tabla 3.A1.2) las características geológico-geotécnicas del Sector son las siguientes:

- Macizo rocoso altamente fracturado a fragmentado (zonas cizalladas) con pocos tramos ligeramente a medianamente fracturados; hasta los 42 m de profundidad las discontinuidades están abiertas, con paredes oxidadas, en los tramos superficiales es importante el contenido de limo arcilloso.
- En 14 pruebas de permeabilidad se tiene un 28% de valores mayores a 100 UL, 43% entre 5 y 25 UL y el 29% restante tiene valores menores a 5 UL.

- Las absorciones de lechada en un 14% son mayores a 75 l/m, con un máximo de 125 l/m; el 79% de los valores están entre 5 y 50 l/m, con predominancia de los valores bajos; el 7% restante tiene absorciones menores a 5 l/m.

SONDEO: CZT-55.4														
UBICACION: Plinto Izquierdo SECTOR 1													Tabla 3.A1.1	
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#f/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , etc.			
0.00	1.00	100.00										Hormigón		
1.00	1.40	40.00										Hormigón		
1.40	2.00	60.00	5.0	8	0.0	0.00	3	3F	Abierta	Debil	Arcilla	Esquisto Clorítico Micaceo		
2.00	2.50	50.00	23.0	46	0.0	0.00	12	8D-4F	Abierta	Debil	Arcilla+Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
2.50	3.00	50.00	10.0	20	0.0	0.00	11	6D-5F	Cerrada	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo	>100	-
3.00	3.50	50.00	25.0	50	0.0	0.00	15	8D-7F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
3.50	3.90	40.00	40.0	100	0.0	0.00	15	8D-7F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
3.90	4.00	10.00	9.0	90	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
4.00	4.40	40.00	18.0	45	0.0	0.00	6	3D-3F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
4.40	5.00	60.00	30.0	50	0.0	0.00	10	6D-4F	Abierta	Debil	Oxidos+SiO <sub>2</sub> +CO <sub>3</sub>	Esquisto Clorítico Micaceo		
5.00	5.50	50.00	19.0	38	0.0	0.00	9	2D-1F	Cerrada	Debil	Oxidos+SiO <sub>2</sub> +CO <sub>3</sub>	Esquisto Clorítico Micaceo		
5.50	6.00	50.00	40.0	80	0.0	0.00	23	2D-2F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo	>100	-
6.00	6.80	80.00	20.0	25	0.0	0.00	16	2D-2F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
6.80	7.00	20.00	13.0	65	0.0	0.00	4	1D-1F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
7.00	7.20	20.00	0.0	0	0.0	0.00		NR	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
7.20	7.50	30.00	10.0	33	0.0	0.00	12	2D-3F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
7.50	8.00	50.00	15.0	30	0.0	0.00	16	13D-3F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
8.00	8.40	40.00	0.0	0	0.0	0.00		NR	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
8.40	8.70	30.00	20.0	67	0.0	0.00	12	11D-1F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
8.70	9.00	30.00	20.0	67	0.0	0.00	17	10D-7F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo	>100	-
9.00	9.70	70.00	22.0	31	0.0	0.00	4	2D-1F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
9.70	10.00	30.00	20.0	67	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
10.00	10.20	20.00	0.0	0	0.0	0.00		NR	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
10.20	10.50	30.00	6.0	20	0.0	0.00	2	1D-1F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
10.50	11.00	50.00	12.0	24	0.0	0.00	2	1D-1F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
11.00	11.50	50.00	15.0	30	0.0	0.00	2	F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
11.50	12.00	50.00	28.0	56	0.0	0.00	2	F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo	>100	-
12.00	12.20	20.00	10.0	50	0.0	0.00	2	F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
12.20	12.95	75.00	25.0	33	0.0	0.00	2	1D-1F	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
12.95	13.00	5.00	5.0	100	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
13.00	13.50	50.00	11.0	22	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
13.50	14.00	50.00	10.0	20	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
14.00	14.50	50.00	0.0	0	0.0	0.00		NR	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo		
14.50	15.00	50.00	6.0	12	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo	>100	-

SONDEO: CZT-55.4							Tabla 3.A1.1								
UBICACION: Plinto Izquierdo SECTOR 1															
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON	
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#f/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , etc.				
15.00	15.50	50.00	30.0	60	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo			
15.50	16.00	50.00	12.0	24	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	Oxidos	Esquisto Clorítico Micaceo			
16.00	16.50	50.00	10.0	20	0.0	0.00	11	6D-5F	Abierta	Debil	Oxido-Arcilla	Falla			
16.50	17.00	50.00	45.0	90	0.0	0.00	10	5D-5F	Abierta	Debil	Arcilla	Falla			
17.00	17.20	20.00	0.0	0	0.0	0.00		NR	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
17.20	17.90	70.00	12.0	17	0.0	0.00	15	7D-8F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
17.90	18.00	10.00	10.0	100	10.0	100.00	6	6F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo	>100	-	
18.00	18.45	45.00	35.0	78	17.0	48.57	1	1D	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
18.45	18.80	35.00	35.0	100	30.0	85.71	1	1D	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
18.80	19.00	20.00	15.0	75	15.0	100.00	9	9D	Abierta	Debil	Oxido+SiO <sub>2</sub>	Esquisto Clorítico Micaceo			
19.00	19.40	40.00	25.0	63	0.0	0.00	7	3D-4F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
19.40	20.00	60.00	50.0	83	0.0	0.00	11	6D-5F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
20.00	20.40	40.00	18.0	45	17.0	94.44		Fragm	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
20.40	21.00	60.00	60.0	100	60.0	100.00	4	4F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo	>100	-	
21.00	21.60	60.00	28.0	47	27.0	96.43	5	5F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
21.60	22.00	40.00	34.0	85	34.0	100.00	8	3D-5F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
22.00	22.25	25.00	18.0	72	12.0	66.67	2	1D-1F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
22.25	22.90	65.00	58.0	89	55.0	94.83	7	7F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
22.90	23.00	10.00	7.0	70	0.0	0.00	3	3F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
23.00	23.40	40.00	25.0	63	14.0	56.00	4	2D-2F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
23.40	24.00	60.00	60.0	100	47.0	78.33	7	4D-3F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo	10	Dilatación	
24.00	24.40	40.00	20.0	50	0.0	0.00	8	8F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
24.40	25.00	60.00	60.0	100	57.0	95.00	8	8F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
25.00	25.15	15.00	8.0	53	0.0	0.00	1	1F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
25.15	25.60	45.00	30.0	67	10.0	33.33	8	4D-4F	Abierta	Debil	Oxido-SiO <sub>2</sub>	Esquisto Clorítico Micaceo			
25.60	26.00	40.00	40.0	100	37.0	92.50	5	5F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
26.00	26.50	50.00	50.0	100	48.0	96.00	3	1D-2F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
26.50	27.00	50.00	50.0	100	39.0	78.00	2	2F	Abierta	Debil	Oxido-Arcilla	Esquisto Clorítico Micaceo			
27.00	27.20	20.00	17.0	85	0.0	0.00	5	3D-2F	Abierta	Debil	Oxido-SiO <sub>2</sub>	Esquisto Clorítico Micaceo			
27.20	28.00	80.00	70.0	87	59.0	84.29	8	3D-4F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
28.00	28.60	60.00	50.0	83	36.0	72.00	5	3D-2F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
28.60	29.00	40.00	40.0	100	37.0	92.50	3	1D-2F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
29.00	29.50	50.00	34.0	68	28.0	82.35	3	1D-2F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
29.50	30.00	50.00	50.0	100	28.0	56.00	8	3D-5F	Abierta	Debil	Oxido-SiO <sub>2</sub>	Esquisto Clorítico Micaceo	>100	-	

SONDEO: CZT-55.4						Tabla 3.A1.1									
UBICACION: Plinto Izquierdo SECTOR 1															
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON	
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#f/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , etc.				
30.00	30.40	40.00	26.0	65	11.0	42.31	10	6D-4F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
30.40	30.90	50.00	0.0	0	0.0	0.00		NR	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
30.90	31.00	10.00	0.0	0	0.0	0.00		NR	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
31.00	31.40	40.00	22.0	55	13.0	59.09	7	2D-5F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
31.40	31.70	30.00	27.0	90	17.0	62.96	6	5D-1F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Micaceo			
31.70	32.00	30.00	24.0	80	0.0	0.00	6	3D-3F	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Micaceo			
32.00	32.20	20.00	18.0	90	0.0	0.00	5	3D-2F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Micaceo			
32.20	32.40	20.00	18.0	90	0.0	0.00	4	2D-2F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Micaceo			
32.40	33.00	60.00	55.0	92	10.0	18.18	10	7D-3F	Cerrada	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Micaceo			
33.00	33.50	50.00	21.0	42	12.0	57.14	6	2D-4F	Abierta	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Micaceo			
33.50	34.00	50.00	45.0	90	44.0	97.78		Fragm	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
34.00	34.50	50.00	46.0	92	22.0	47.83	7	3D-4F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
34.50	35.00	50.00	43.0	86	39.0	90.70	2	2F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
35.00	35.50	50.00	37.0	74	15.0	40.54	6	3D-3F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
35.50	36.00	50.00	23.0	46	0.0	0.00	5	3D-2F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo	15	Dilatación	
36.00	36.60	60.00	38.0	63	18.0	47.37	5	3D-2F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
36.60	37.00	40.00	31.0	78	25.0	80.65	3	3F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
37.00	37.50	50.00	42.0	84	37.0	88.10	5	5F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
37.50	38.00	50.00	50.0	100	33.0	66.00	7	1D-6F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
38.00	38.40	40.00	26.0	65	24.0	92.31	3	3D	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
38.40	39.00	60.00	32.0	53	14.0	43.75	4	4D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
39.00	39.70	70.00	40.0	57	26.0	65.00	6	2D-4F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
39.70	40.00	30.00	27.0	90	0.0	0.00	4	4F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo			
40.00	40.30	30.00	30.0	100	0.0	0.00	6	4D-2F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
40.30	40.75	45.00	45.0	100	32.0	71.11	6	6F	Cerrada	Debil	SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico			
40.75	41.00	25.00	25.0	100	25.0	100.00	1	1F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
41.00	41.50	50.00	10.0	20	0.0	0.00	8	5D-3F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
41.50	42.00	50.00	50.0	100	31.0	62.00	7	3D-4F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico	>100	-	
42.00	43.00	100.00	100.0	100	32.0	32.00	12	4D-8F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
43.00	44.00	100.00	100.0	100	62.0	62.00	10	4D-6F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
44.00	45.00	100.00	87.0	87	87.0	100.00	5	3D-2F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
45.00	46.00	100.00	77.0	77	67.0	87.01	11	4D-7F	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico			
46.00	47.00	100.00	60.0	60	13.0	21.67	10	4D-6F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
47.00	48.00	100.00	0.0	0	0.0	0.00		NR	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico	>100	>100	

SONDEO: CZT-55.4										Tabla 3.A1.1				
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 1														
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , etc.			
48.00	48.30	30.00	27.0	90	27.0	100.00	1	1D	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico	56	Flujo Turbulento
48.30	49.00	70.00	50.0	71	31.0	62.00	10	4D-6F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
49.00	49.85	85.00	78.0	92	68.0	87.18	3	1D-2F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
49.85	50.00	15.00	14.0	93	0.0	0.00	4	2D-2F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
50.00	50.50	50.00	44.0	88	12.0	27.27	13	4D-9F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
50.50	51.00	50.00	43.0	86	36.0	83.72	6	3D-3F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
51.00	52.00	100.00	14.0	14	12.0	85.71	2	2F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
52.00	53.00	100.00	96.0	96	55.0	57.29	14	4D-10F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
53.00	54.00	100.00	97.0	97	86.0	88.66	11	2D-9F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
54.00	55.00	100.00	98.0	98	97.0	98.98	6	6F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
55.00	55.40	40.00	31.0	78	30.0	96.77	5	3D-2F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico	23	Flujo Turbulento
55.40	56.00	60.00	52.0	87	52.0	100.00	1	1D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
56.00	56.60	60.00	60.0	100	56.0	93.33	12	2D-10F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
56.60	57.00	40.00	34.0	85	12.0	35.29	9	4D-5F	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
57.00	57.50	50.00	44.0	88	30.0	68.18	7	3D-4F	Ab+C	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Micaceo		
57.50	58.00	50.00	43.0	86	33.0	76.74	6	1D-5F	Ab+C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Micaceo		
58.00	58.50	50.00	28.0	56	22.0	78.57	4	1D-3F	Ab+C	Debil	Oxido	Esquisto Cuarcítico		
58.50	59.00	50.00	48.0	96	44.0	91.67	8	3D-5F	Ab	Debil	Oxido	Esquisto Cuarcítico		
59.00	60.00	100.00	97.0	97	81.0	83.51	10	4D-6F	Ab	Debil	Oxido	Esquisto Cuarcítico		

Tabla 3.A1.1: Sondeo CZT 55.4, Plinto Izquierdo Sector 1.

### **3.2.3. Sector 3 (abscisa 0+107,2-0+136,9)**

El Sector 3 geológicamente está caracterizado por la presencia de rocas foliadas (68% = esquistos cuarzo-micáceos y esquistos micáceos) con intercalaciones métricas de rocas masivas principalmente esquistos cuarcíticos (29%) y algunas capas de cuarcitas y/o metavolcanitas (3%).

El límite inferior del Sector 3 forma parte de una depresión morfológica que coincide con una zona de cizalla con fracturación y alteración profundas.

Según el sondeo exploratorio CZC 111,8 y el mapeo geológico de las excavaciones para la cimentación del plinto (perfil 3.1, tabla 3.A1.3) las características geológico-geotécnicas del Sector son las siguientes:

- Macizo rocoso altamente fracturado (11-20 fr/m) a fragmentado (>20 fr/m) sobre todo hacia la superficie, hacia el fondo aparecen tramos medianamente fracturados a ligeramente fracturados (1-10 fr/m); hasta los 48 m de profundidad las discontinuidades están abiertas, con paredes oxidadas, en los tramos cercanos a la superficie son características zonas de roca cizallada con relleno de material fino.
- En 13 pruebas de permeabilidad de tipo Lugeon un 70% de valores eran mayores a 50 UL con cinco valores mayores a 100 UL, el restante 30% tiene valores compartidos, así: 15% entre 25 y 50 UL y 15% menores a los 5 UL.
- Las absorciones de lechada en un 54% fueron mayores a 50 l/m, con cuatro tramos mayores a 100 l/m, con un máximo de 296 l/m, el 46% restante está compartido entre valores de 5 a 25 l/m y 25 a 50 l/m.

### **3.2.4. Sector 4 (abscisa 0+136,9-0+166,7)**

El Sector 4 se caracteriza por la predominancia de las rocas foliadas (62% = esquistos cuarzo-micáceos y esquistos micáceos-cloríticos) con intercalaciones



métricas de rocas masivas (38% = cuarcitas y/o metavolcanitas y esquistos cuarcíticos). Este Sector está localizado en la parte media de una zona de cizalla con presencia de rocas descomprimidas en sentido Este – Oeste.

Según el sondeo exploratorio CZP 136,9 y el mapeo geológico de las excavaciones para la cimentación del plinto (perfil 3.1, tabla 3.A1.4) las características geológico-geotécnicas en el Sector son las siguientes:

- Rocas medianamente a ligeramente fracturadas (10-1 fr/m), con algunos tramos fragmentados; hasta los 36 m de profundidad las discontinuidades están abiertas, con paredes oxidadas.
- Predominan los valores de permeabilidad menores a 50 UL (71%) el resto de valores fueron mayores a los 100 UL.
- Las absorciones de lechada que predominan (64%) son menores a 50 l/m, el resto de valores son dispersos, pero siempre mayores a 100 l/m.

### **3.2.5. Sector 5 (0+166,7-0+190,9)**

El Sector 5 está caracterizado por la predominancia de rocas foliadas (53% = esquistos cuarzo-micáceos y esquistos micáceos cloríticos) con abundantes intercalaciones de rocas masivas (47% = esquistos cuarcíticos y cuarcitas y/o metavolcanitas).

El Sector está localizado en la parte media del plinto izquierdo dentro de una zona fracturada, con presencia de rocas descomprimidas en sentido este-oeste, sobre todo en la parte cercana a la superficie.

Según el sondeo exploratorio CZP 166,7 y el mapeo geológico en la excavación para la cimentación del plinto (perfil 3.1, tabla 3.A1.5) las características geológico-geotécnicas del Sector son las siguientes:

- Macizo rocoso medianamente fracturado a fragmentado (6-20 fr/m) o descomprimido hacia la superficie; hasta los 66 m de profundidad las discontinuidades están abiertas, con paredes oxidadas; en los tramos superficiales son importantes los rellenos de limo arcilloso.
- En 15 pruebas de permeabilidad ejecutadas a lo largo del sondeo se obtuvo un 33% de valores mayores a 50 UL, incluidos dos tramos con absorciones mayores a 100 UL; el 40% tiene valores entre 25 y 50 UL y el 27% restante está entre 5 y 25 UL.
- El 26% de las absorciones de lechada fueron mayores a 50 kg/m con un máximo de 204 kg/m, el 67% está entre 5 y 50 kg/m y sólo el 7% tuvieron valores menores a 5 kg/m.

### **3.2.6. Sector 6 (abscisa 0+190,9-0+223,1)**

El Sector 6 está caracterizado por la predominancia de rocas foliadas (58% = esquistos micáceos cloríticos y esquistos cuarzo-micáceos) con abundantes intercalaciones de rocas masivas (42% = esquistos cuarcíticos y cuarcitas y/o metavolcanitas).

El Sector está localizado en la parte baja de una zona de cizalla, con presencia de rocas descomprimidas en sentido este-oeste.

Según el sondeo exploratorio CZP 192,6 y el mapeo geológico en la excavación para la cimentación del plinto (perfil 3.1, tabla 3.A1.6) las características geológico-geotécnicas del Sector son las siguientes:

- Macizo rocoso altamente fracturado a fragmentado o descomprimido hacia la superficie; hasta los 62m de profundidad las discontinuidades están abiertas, con paredes oxidadas, en los tramos superficiales son importantes los rellenos de limo arcilloso.

- En 15 pruebas de permeabilidad ejecutadas a lo largo del sondeo se obtuvo un 60% de valores mayores a 50 UL, con nueve tramos superficiales que tuvieron absorciones mayores a 100 UL; el 40% tiene valores entre 0 y 25 UL.
- El 94% de las absorciones de lechada son mayores a 50 kg/m con un máximo de 339 kg/m, el 6% restante está entre 5 y 25 kg/m.

### **3.2.7. Sector 7 (abscisa 0+223,1-0+250,2)**

El Sector 7 está caracterizado por la predominancia de rocas foliadas (64% = esquistos cuarzo-micáceos y esquistos micáceos cloríticos) con intercalaciones de rocas masivas (36% = esquistos cuarcíticos y cuarcitas y/o metavolcanitas).

El Sector está localizado en una zona con presencia de rocas descomprimidas, principalmente en la parte superficial.

Según el sondeo exploratorio CZP 223,1 y el mapeo geológico en la excavación para la cimentación del plinto (perfil 3.1, tabla 3.A1.7) las características geológico-geotécnicas del Sector son las siguientes:

- Macizo rocoso altamente fracturado a fragmentado o descomprimido hacia la superficie, con tramos medianamente fracturados hacia el fondo del sondeo; hasta los 30 m de profundidad las discontinuidades están francamente abiertas, con paredes oxidadas; en los tramos superficiales son importantes los rellenos de limo arcilloso.
- En 15 pruebas de permeabilidad ejecutadas a lo largo del sondeo se obtuvo un 61% de valores mayores a 50 UL, con ocho tramos superficiales que muestran absorciones mayores a 100 UL; el 33% tiene valores entre 5 y 25 UL y solo el 6% restante presenta valores menores a 5 UL.

- El 40% de las absorciones de lechada son mayores a 50 l/m con un máximo de 357 l/m, el 60% restante está entre 5 y 50 l/m con predominio de los valores moderadamente bajos (5 a 25 l/m).

### **3.2.8. Sector 8 (abscisa 0+250,2-0+277,4)**

El Sector 8 está caracterizado por la predominancia de rocas foliadas (91% = esquistos micáceos cloríticos y esquistos cuarzo-micáceos) con intercalaciones métricas de rocas masivas (9% = esquistos cuarcíticos y cuarcitas y/o metavolcanitas).

El Sector está localizado en una zona de cizalla, con presencia de rocas descomprimidas en sentido este-oeste.

Según el sondeo exploratorio CZP 250,2 y el mapeo geológico en la excavación para la cimentación del plinto (perfil 3.1, tabla 3.A1.8) las características geológico-geotécnicas del Sector son las siguientes:

- Macizo rocoso ligera a medianamente fracturado con tramos cercanos a la superficie altamente fracturados a fragmentados; hasta los 42 m de profundidad existen discontinuidades francamente abiertas, con paredes oxidadas; en los tramos superficiales son importantes los rellenos de limo arcilloso.
- En 15 pruebas de permeabilidad ejecutadas a lo largo del sondeo se obtuvo un 67% de valores mayores a 50 UL, con nueve tramos superficiales que muestran absorciones mayores a 100 UL; el 6% tiene valores entre 5 y 25 UL y en el 27% restante predominan valores menores a 5 UL.
- El 26% de las absorciones de lechada son mayores a 50 kg/m con un máximo de 276 kg/m, el 74% restante tiene absorciones que varían de 5 a 50 kg/m.

### **3.2.9. Sector 9 (abscisa 0+277,4-0+304,5)**

El Sector 9 está caracterizado por la predominio de rocas foliadas (82% = esquistos cuarzo-micáceos y esquistos micáceos cloríticos) con intercalaciones de rocas masivas (18% = esquistos cuarcíticos y cuarcitas y/o metavolcanitas).

El Sector está localizado en una zona con alto porcentaje de rocas descomprimidas en sentido este-oeste.

Según el sondeo exploratorio CZP 277,4 y el mapeo geológico en la excavación para la cimentación del plinto (perfil 3.1, tabla 3.A1.9) las características geológico-geotécnicas del Sector son las siguientes:

- Macizo rocoso altamente fracturado a fragmentado o descomprimido hacia la superficie, con presencia de tramos ligera a medianamente fracturados hacia el fondo del sondeo; hasta los 30 m de profundidad las discontinuidades están francamente abiertas, con paredes oxidadas; en los tramos superficiales son importantes los rellenos de limo arcilloso.
- En 14 pruebas de permeabilidad ejecutadas a lo largo del sondeo se obtuvo un 43% de valores mayores a 100 UL; el 35% tiene valores entre 5 y 25 UL y el 22% restante presenta valores menores a 5 UL.
- El 29% de las absorciones de lechada son mayores a 75 kg/m con un máximo de 216,1 kg/m; el 71% restante está entre 5 y 50 kg/m con predominio de los valores de 25 a 50 kg/m.

### **3.2.10. Sector 10 (abscisa 0+304.5-0+325,5)**

El Sector 10 se caracteriza por estar conformado principalmente de rocas foliadas (88% = esquistos cuarzo-micáceos y esquistos micáceos) con intercalaciones métricas de rocas masivas (12%= cuarcitas y/o metavolcanitas y esquistos cuarcíticos).

Según el sondeo exploratorio CZP 304,5 y el mapeo geológico de las excavaciones para la cimentación del plinto (perfil 3.1, tabla 3.A1.10) se tienen las siguientes características geológico-geotécnicas:

- Rocas fragmentadas (>20 fr/m) a altamente fracturadas (11-20 fr/m); hasta los 42 m de profundidad las discontinuidades están abiertas, con paredes oxidadas.
- Predominan los valores de permeabilidad mayores a 100 UL (60%) el resto de valores fueron menores a los 5 UL.
- Las absorciones de lechada que predominan son menores a 5 kg/m (53%), el 47% restante varía de 50 a más de 100 kg/m.

### **3.2.11. Sector 11 (abscisa 0+325,5-0+347,5)**

El Sector 11 geológicamente está conformado principalmente por rocas foliadas (78% =esquistos cuarzo-micáceos y esquistos micáceos) con intercalaciones métricas de rocas masivas (22%= cuarcitas y/o metavolcanitas y esquistos cuarcíticos).

Según el sondeo exploratorio CZP 332,2 (perfil 3.1, tabla 3.A1.11) en el Sector son importantes:

- Rocas ligeramente a medianamente fracturadas (10-1 fr/m), con algunos tramos fragmentados (>20 fr/m); hasta los 18 m de profundidad las discontinuidades están abiertas, con paredes oxidadas.
- Predominan los valores de permeabilidad menores a 50 UL (60%) el resto de valores fueron mayores a los 50 UL.

- Las absorciones de lechada que predominan (67%) son menores a 50 l/m, el resto de valores son dispersos, pero alcanzan hasta más de 100 l/m.

### **3.3. TALÓN DE LA PRESA MAZAR**

El talón de la presa comprende el cauce y la plataforma del valle del río Paute; entre las abscisas 0+347,5 – 0+421,5.

En base al mapeo de la cimentación del plinto y del análisis de los testigos de los sondeos exploratorios: CZP-350,0, CZP-382,0, CZP-399,4 y CZP-420,0 (mapa 3.1, perfil 3.2) en el talón predominan los esquistos cuarzo-micáceos, con intercalaciones métricas de esquistos micáceos (cloríticos), esquistos cuarcíticos y cuarcitas (y/o metavolcanitas).

El macizo se encontró fracturado hasta los 21 m de profundidad, con presencia de discontinuidades abiertas, lo cual se vio reflejado en los resultados de las pruebas de permeabilidad con valores superiores a 5 UL.

Las discontinuidades predominantes según los datos tomados en la excavación del plinto son la foliación  $F = N85E/68 SE$ , las diaclasas principales  $S1 = N54E/35 NW$  y las diaclasas secundarias  $S2 = N08W/87 SW$ .

Se definieron tres Sectores para las inyecciones, siguiendo la nomenclatura desde el inicio del plinto izquierdo, así:

#### **3.3.1. Sector 12 (abscisa 0+347,5 - 0+376,0)**

El Sector 12 está caracterizado por la predominancia de rocas foliadas (75% esquistos micáceos cloríticos y esquistos cuarzo micáceos), con intercalaciones métricas de rocas masivas (25% esquistos cuarcíticos y cuarcitas y/o metavolcanitas).

Según el sondeo exploratorio CZP 350,0 (perfil 3.2, tabla 3.A1.12), en el Sector predominan las rocas mediana a ligeramente fracturadas (1-10 fr/m); hasta los 12 m de profundidad las discontinuidades están abiertas, con paredes oxidadas.

Predominan los valores de permeabilidad menores a 5 UL (64%); el 14% de los valores dieron absorciones de lechada menores a 25 l/m, el 57% está entre 25 y 50 l/m y puntualmente se encuentran valores de hasta 100 l/m.

### **3.3.2. Sector 13 (abscisa 0+376,0-0+397,6)**

El Sector 13 se caracteriza por la predominancia de las rocas foliadas (79%) con intercalaciones de rocas masivas (21% esquistos cuarcíticos y cuarcitas y/o metavolcanitas).

Según el sondeo exploratorio CZP 382,0 (perfil 3.2, tabla 3.A1.13), en el Sector predominan las rocas de medianamente fracturadas a fragmentadas (5-20 fr/m); hasta los 21 m de profundidad las discontinuidades están abiertas, con paredes oxidadas.

Predominan los valores de permeabilidad menores a 5 UL (54%); pero en determinados tramos se presentan valores de hasta 100 UL (15%). Las absorciones de lechada que predominan son menores a 50 l/m (93%), el resto de valores se distribuyen entre 51 y 100 l/m.

### **3.3.3. Sector 14 (abscisa 0+397,6-0+421,5)**

El Sector 14 se caracteriza por la predominancia de las rocas foliadas (65% esquistos cuarzo-micáceos y esquistos micáceos) con intercalaciones de rocas masivas (35% cuarcitas y/o metavolcanitas y esquistos cuarcíticos).



Según los sondeos exploratorios CZP 399,4 y CDS 420,0 (perfil 3.2, tabla 3.A1.14), en el Sector predominan las rocas ligera a medianamente fracturadas (1-10 fr/m); hasta los 15 m de profundidad las discontinuidades están abiertas, con paredes oxidadas.

Predominan los valores de permeabilidad menores a 5 UL (62%); pero en determinados tramos se presentan valores de hasta 75 UL. Las absorciones de lechada que predominan son menores a 25 l/m (92%), el resto de valores se distribuyen entre 25 y 50 l/m.

## CAPÍTULO 4

### 4. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO GIN Y COMPARACIÓN CON OTROS MÉTODOS

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

La inyección de masas de roca con mezclas de cemento para mejorar sus propiedades mecánicas e hidráulicas es una práctica bien establecida en la ingeniería civil y geotécnica. Sin embargo, esta práctica ha estado dominada mucho tiempo por reglas empíricas y experiencias personales o institucionales, que conducen frecuentemente a creencias dogmáticas (Lombardi, 1993).

Las inyecciones son procedimientos que se aplican al subsuelo, y consisten en introducir en los poros o fisuras del medio a tratar una suspensión de cemento sólido en agua llamada "lechada" (Weaver, 2007), que se solidifica adquiriendo una resistencia determinada a través del tiempo. El objetivo principal es reducir la permeabilidad de los macizos porosos, rocas fisuradas o fundaciones defectuosas, incrementando de este modo las propiedades mecánicas de los mismos.

Desde inicios del siglo XX, varias escuelas marcaron tendencias diferentes, basadas en su experiencia al momento de efectuar inyecciones en suelos y macizos rocosos. Así se desarrolló la escuela Europea, donde se tienen registros de trabajos de inyección desde inicios del siglo XIX, cuando el francés Charles Berigny se dice inventó las inyecciones en 1802, haciendo importantes avances hasta mediados de ese mismo siglo, incluso realizando procedimientos para inyectar fisuras de tamaños muy pequeños (Weaver, 2007); otros reportes existen de trabajos de inyección en Inglaterra a finales del Siglo XIX y en Alemania a inicios del siglo pasado.

Debido a la heterogeneidad y comportamiento del terreno, existen diferentes métodos de inyección, cada uno con un objetivo específico y aplicable a la

inyección de suelos o macizos rocosos.

En este capítulo se aborda brevemente la parte teórica y descriptiva de las inyecciones, se muestran las características de cada tipo y se hace una comparación cualitativa con el método GIN de inyecciones, con el objetivo de presentar algunos aspectos que se tomaron en cuenta para aplicar este último en la elaboración de la cortina de impermeabilización del Proyecto Mazar.

Al final de este capítulo, se presenta un resumen acerca de las pruebas o ensayos de permeabilidad o pérdida de agua, que son necesarios antes y después del proceso de inyecciones.

## **4.2. MÉTODOS TRADICIONALES DE INYECCIÓN**

Dentro de estos tenemos los métodos que se realizan para intervenir no solamente macizos rocosos, también se pueden intervenir suelos, terrenos aluviales, depósitos meteorizados, milonitizados y coluviones. Se tienen entonces varios métodos de inyección, basados en la diferencia de presión para introducir el fluido. Se pueden realizar:

- Inyección por reemplazo o *Jet Grouting*.
- Inyección por impregnación y fractura o *Fracture Grouting*.
- Inyección por consolidación o *Compaction Grouting*.
- Inyecciones de lechadas fluidas, geles y/o aditivos plastificantes denominadas *Chemical Grouting*.
- Inyecciones de cemento o *Cement Grouting*.

Cada método se diferencia principalmente por la presión con la que se inyecta el material; diferenciándose así métodos de alta o baja presión.

### **4.2.1. Inyección por Reemplazo o *Jet Grouting***

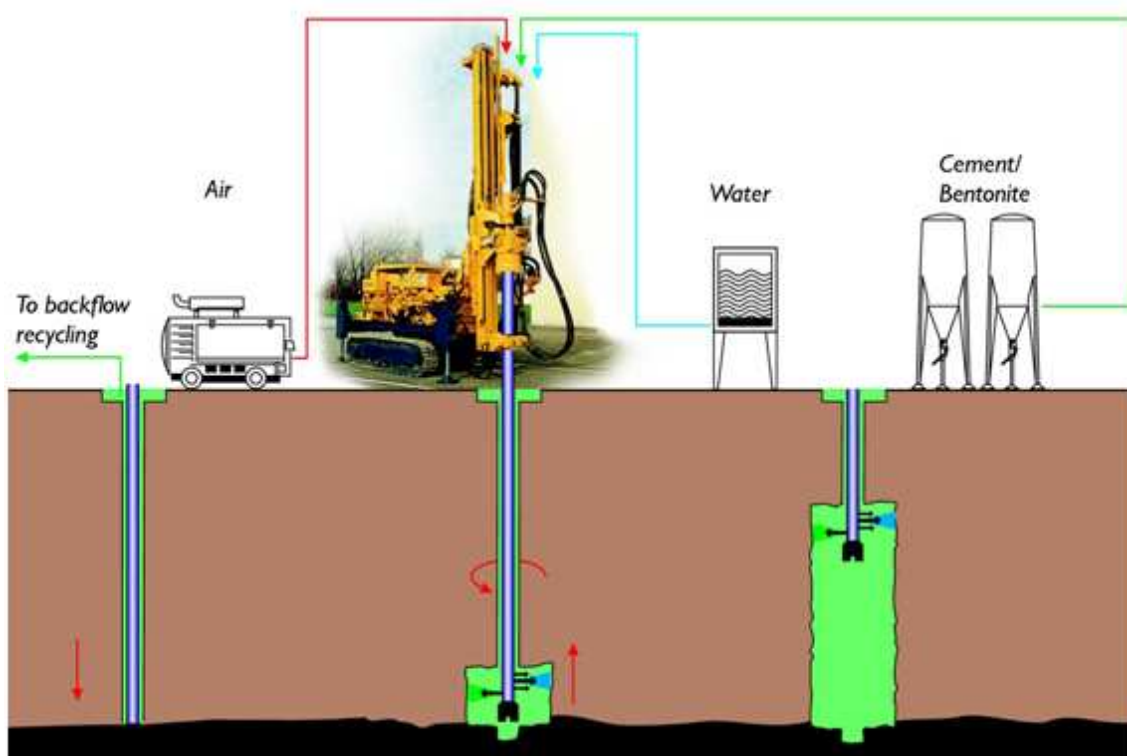
Este tipo de inyección es una herramienta utilizada en aplicaciones geotécnicas para mejorar las condiciones de todo tipo de suelo, estabilización de laderas,

pilotes muros de contención y cimentaciones (Welsh and Burke, 1991). Más recientemente ha sido utilizado incluso como método de remediación ambiental, ya que forma barreras que evitan la migración de fluidos contaminantes en suelos.

Esta es una técnica que mejora las características mecánicas y el comportamiento del suelo, formando columnas de suelo mejorado con inyección, mediante la introducción a alta velocidad de un material de consolidación, normalmente lechada de cemento.

El procedimiento constructivo consiste en realizar la perforación hasta la profundidad deseada, de alrededor de 10 cm de diámetro. Luego comienza el proceso de inyección de fluidos, que salen a alta velocidad por orificios laterales que rotan a velocidades entre 10 a 30 rpm, y ascienden entre 20 a 80 cm/min y junto con la tubería de perforación en su lento ascenso.

Los fluidos van disgregando el suelo y mezclándolo con la lechada. Habitualmente parte de la mezcla de lechada, agua y suelo, rebosa, esto permite realizar un cierto control de calidad, asegurando que se van rellenando los huecos. Finalizada la extracción del varillaje, hay que esperar que fragüe la columna (Tsao, 2008). En la figura 4.1 se muestra el procedimiento general del Jet Grouting.



**Figura 4.1:** esquema y circuito de inyección aplicando el Método Jet Grouting (tomado de Keller Grundbau GmbH Soilcrete. <http://www.kellergrundbau.com>)

Existen variaciones del método tradicional, y se basan en la utilización de otros fluidos junto con la lechada de inyección, y pueden ser:

**Jet 1, Fluido Simple**, se inyecta lechada de cemento sola, a alta presión. Se produce un verdadero y homogéneo suelo cemento.

**Jet 2, Fluido Doble**, se inyecta lechada con aire comprimido o agua, a una presión más baja que el Jet 1. El aire reduce la fricción, por lo que la lechada se puede desplazar más. Se logran columnas de inyección más grandes que con el método anterior.

**Jet 3, Fluido Triple**, se inyecta lechada con aire comprimido y agua a presión. El aire empuja el suelo circundante, generando un vacío en forma de columna alrededor del inyector, se lava con agua y se llena con la lechada.

**Super-Jet Grouting**, sistema modificado de Jet Grouting de Fluido Doble. Permite crear columnas de mayor diámetro que el Jet Grouting. Se inyecta

lechada, aire y fluido comprimido.

Las estructuras que se forman luego de aplicar este método se muestran en la fotografía siguiente:



**Fotografía 4.1:** estructuras formadas por Jet Grouting. (Tomado de: Earth Tech Geotechnical Construction Services and solutions. <http://www.earthtech.net>).

#### **4.2.2. Inyección por Impregnación y Fracturación Hidráulica o *Hydrofracture Grouting*.**

Consiste en la inyección del terreno mediante su fracturación por inyección de lechada, al aplicársele una presión por encima de su resistencia a la tracción y mayor a la presión de confinamiento.

Esta técnica puede aplicarse a cualquier tipo de suelo y roca blanda; es decir, desde suelos granulares gruesos hasta arcillas de alta plasticidad; o a rocas ígneas muy meteorizadas hasta margas arcillosas.

El procedimiento es inyectar lechada en las fisuras naturales del suelo, o producir una serie de fracturas hidráulicas que se rellenan luego con mortero y rodean a los fragmentos o clastos.

La inyección por fracturación hidráulica produce un efecto de sobre-consolidación sobre un punto del terreno, sobretodo porque reduce su índice de poros.

#### **4.2.3. Inyección por Compactación**

Consiste en inyectar lechadas de baja movilidad de alta fricción interna (Warner, 1992) dentro del suelo para aumentar su densidad y fortalecerlo. Cuando se selecciona correctamente los materiales y parámetros, la lechada forma una masa regular centrada en el punto de intervención. Cerca de la superficie la lechada puede causar el levantamiento del terreno y las estructuras que están asentadas sobre éste (Bruce and Joice, 1983).

Es una inyección por desplazamiento del suelo, sin penetración. Una mezcla muy firme expande una cavidad originada por un taladro y a su vez densifica el suelo circundante. Se aplica a la restauración de la capacidad de carga en suelos sueltos o compresibles.

La inyección por compactación ha sido utilizada en numerosos proyectos para remediar la densificación de los suelos de la fundación antes de la construcción y para prevenir asentamientos en la ejecución de túneles a través de suelos blandos, mediante la inyección de un mortero de suelo-cemento muy firme para desplazar y compactar el suelo.

Una mezcla de inyecciones por compactación puede asimilarse en su viscosidad a una pasta dentífrica, lo que requiere de bombas de baja velocidad y alta presión de inyección.

#### **4.2.4. Chemical Grouting**

Corresponde a la inyección de lechadas con diferentes tipos de aditivos y/o geles muy finos, que son capaces de rellenar cualquier fractura, algunas tan fluidas como el agua, lo que permite tener máxima penetrabilidad (Houlsby

1990). Luego de cierto tiempo el fluido reacciona y se expande, hasta formar un material muy viscoso.

Las lechadas químicas son muy costosas y requieren mucha experiencia para ser aplicadas. Además, no son permanentes, requieren tratamientos posteriores ya que sufren deshidrataciones de hasta el 30% del volumen inicial de la inyección.

Se aplican en revestimientos y soporte de túneles, fundaciones de presas pequeñas, tanques de relaves en minas y estabilización de rocas.

#### **4.2.5. Inyecciones de cemento o *Cement Grouting*.**

Consiste en inyectar una o varias dosificaciones de lechadas de agua y cemento, con el fin de rellenar fracturas en la roca. Modernas prácticas en inyecciones han evolucionado desde el uso de fluidos inestables y métodos manuales hasta el uso de lechadas apropiadamente formuladas y estables controladas con sistemas automáticos computarizados (Weaver and Bruce, 2007).

La filosofía, el equipo y las metodologías han cambiado; en los últimos años, el cuerpo de ingenieros del ejército estadounidense, a la vanguardia de en la experiencia de las inyecciones, ha venido utilizando lechadas estables y sistemas computarizados para monitorear, evaluar y controlar las operaciones de inyección. Weaver y Bruce (2007) sugieren que esta evolución en la aplicación del método es positiva ya que permite llegar a altos y uniformes estándares de calidad y efectividad, pero requiere ser eficiente en términos de control e inspección. Además siempre habrá excepciones donde los métodos manuales serán necesarios.

Al hablar de conceptos a aplicar en este tema, existen varias interpretaciones, por lo que es necesario definir algunas nociones fundamentales. Primero del denominado método convencional de inyecciones y a continuación del método GIN de inyecciones, para a continuación hacer una tabla comparativa para



determinar las ventajas de haber escogido el método GIN para el proceso realizado en el Proyecto Hidroeléctrico Mazar.

El método tradicional de inyecciones, descrito a continuación, ha sido desarrollado básicamente por la escuela Americana, avalizada por la ASCE (American Society of Civil Engineers, USA), y ampliamente desarrollada en la literatura escrita por autores como Ewert (1985), Houlsby (1990), y Weaver And Bruce (2007). Luego se hará una descripción del método GIN de inyecciones, desarrollado por Lombardi et al (1993), que es el método que fue aplicado en el Proyecto Hidroeléctrico Mazar.

#### **4.2.5.1. Método tradicional de Inyecciones**

Consiste en inyectar una o varias lechadas en el macizo rocoso, siguiendo principios y conceptos empíricos desarrollados. Partiendo de una información previa, donde se definen el tipo de cortina a realizar, su profundidad y cantidad de líneas. Esta información se obtiene de las múltiples campañas geológicas realizadas en el área a intervenir, de sondeos con recuperación de testigos y ensayos de permeabilidad de agua.

Luego de haber estudiado, descrito y definido cada uno de los parámetros previos a la inyección, se configura la cortina, es decir, se establecen: número de líneas, profundidades y direcciones. Si se decide hacer más de una línea de inyecciones con el objetivo de reducir la pendiente del gradiente hidráulico bajo la superficie del plinto (Houlsby, 1990), se inicia con la inyección de la línea aguas abajo. A continuación la línea aguas arriba y, finalmente la línea central.

##### **4.2.5.1.1. Lechada a utilizar durante la inyección**

Cuando ha sido correctamente conectado el circuito de inyección, se inicia el proceso con lechadas que son lo suficientemente gruesas como para rellenar las fracturas más finas de la roca, es decir una mezcla con un tamaño de grano suficiente para bloquear las fracturas apenas iniciado el proceso, sin rellenarlas (Houlsby, 1990). Para esta parte del procedimiento es fundamental conocer la

abertura de las fracturas; y se debe dar prioridad a las fracturas más finas, las más gruesas serán tratadas más adelante.

Houlsby, (1990) indica iniciar el proceso con una mezcla con relación en volumen Agua/Cemento (W:C) de 2:1; aunque se puede considerar también que si las fracturas tienen una abertura  $\sim 0,75\text{mm}$ , se inicie con una relación 3:1; o si son de  $\sim 1,25\text{mm}$  se inicie con una mezcla de 1:1. Plantea entonces la utilización de un diagrama de flujo (figura 4.2) para encontrar la relación W:C adecuada, para lo que es necesario contar con la información de permeabilidad.

Durante los primeros 15 minutos de inyección, si la absorción de lechada es menor que el valor de absorción de agua en la prueba de permeabilidad, y continua hasta la primera media hora de inyección, la mezcla se considera ***muy gruesa***, por lo que se recomienda bajar la relación W:C; si, a los treinta primeros minutos de inyección, la toma de lechada es mayor que el valor de la prueba de agua, la mezcla es considerada ***adecuada***, y se recomienda seguir con la dosificación. Si durante los primeros 15 minutos la absorción de lechada es mayor que el valor de absorción durante la prueba de permeabilidad, la mezcla es ***muy fina***, y la relación W:C debe ser aumentada.

Este criterio debe ser aplicado al menos luego de seis inyecciones, y sirve para todos los valores entre 5 y 30 Lugeon, y puede ser utilizada para valores más altos si se usa con criterio. La prueba de agua debe ser realizada durante 15 minutos a 15 bar de presión.

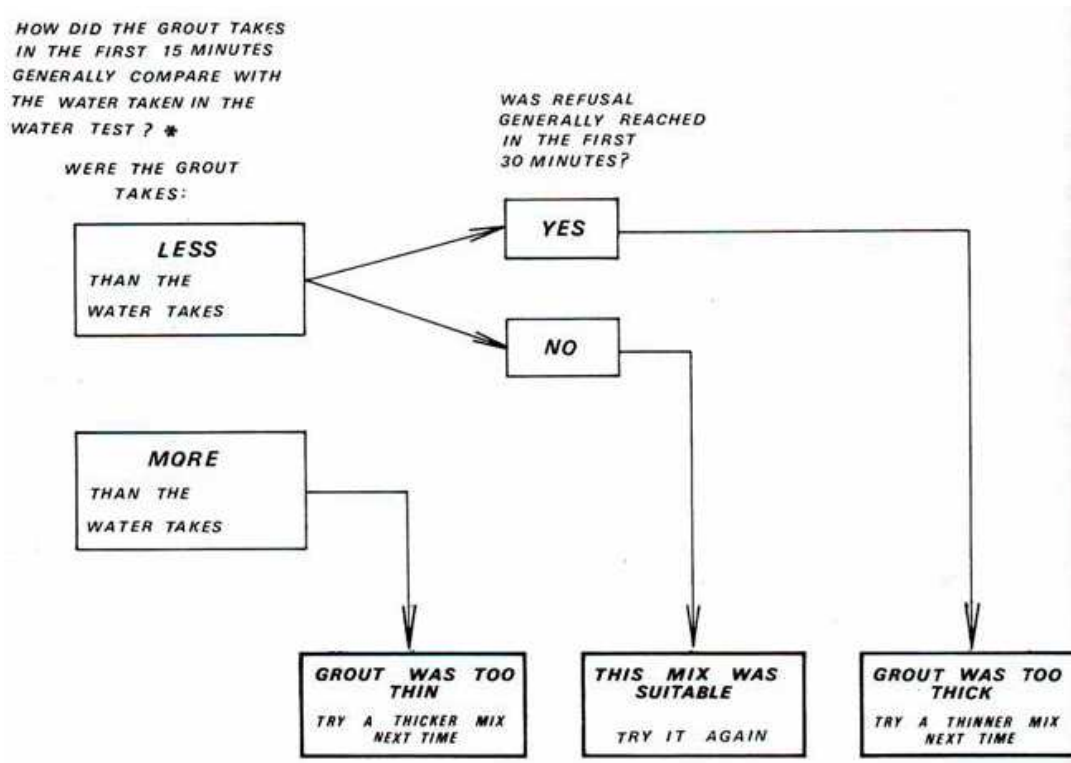


Figura 4.2: diagrama de flujo para el inicio del proceso de inyecciones (tomado de Houlby, 1990).

Debe considerarse también que lechadas gruesas sirven para evitar fugas superficiales, conexiones con otros sondeos, y desplazamientos del macizo rocoso. Se usan este tipo de lechadas en inyecciones por debajo del nivel freático donde las condiciones de humedad permiten mejor penetración (Houlby, 1990). En cambio, las lechadas finas se usan para tener mayor movilidad, cuando en condiciones secas, es decir por encima del nivel freático, se pierde el agua de las mezclas, que se va por las fracturas.

La relación W:C nunca debe ser mayor a 5:1 ni menor a 0,8:1 (Houlby, 1990).

#### 4.2.5.1.2 Presión utilizada durante la inyección.

Es un concepto equivocado que se aplique la presión máxima de inyección apenas iniciado el proceso. (Houlby, 1990). Es particularmente beneficioso aplicar presiones sobre la presión de sobrecarga, si se quiere rellenar fisuras fina (Weaver and Bruce, 2007), pero es inadecuado si se quiere inyectar rocas carstificadas. El más adecuado criterio para definir la presión de inyección se basa en una correcta información geológica y sus relaciones con la topografía

de la zona a intervenir. Por ejemplo para inyectar rocas fisibles con estratificación horizontal no se debe exceder 1 bar de presión en la parte superficial del sondeo; en cambio, si la topografía, la inclinación de las fracturas o roca de buena calidad está presente, se puede aumentar significativamente la presión de inyección. Para roca masiva tipo gneis cizallado, las presiones pueden llegar hasta más de 1300 kPa, lo que se muestra en la siguiente tabla:

<i>Packer Setting</i>		<i>Gauge Pressure Range</i>	
<i>(m)</i>	<i>(ft)</i>	<i>(kPa)</i>	<i>(lb/in.<sup>2</sup>)</i>
4.6	15	103	15
9.1	30	172	25
15.2	50	379	55
21.3	70	690–1,034	100–150
30.5	100	965–1,379	115–200
>30.5	>100	1,379	200

*Source:* Weaver 1991, ASCE.

**Tabla 4.1:** ejemplos de presiones de inyección utilizadas en gneises cizallados (Tomado de Weaver and Bruce, 2007).

#### 4.2.5.1.3. Proceso de inyección

En las perforaciones posteriores a las inyecciones de prueba, donde se encuentran las dosificaciones adecuadas, Houlsby (1990) indica tener en cuenta las consideraciones anteriores, además de realizar el siguiente procedimiento:

Iniciar la inyección y mantener la presión en alrededor de 1 bar, hasta comprobar que todo el circuito de inyección este correctamente conectado, que no existan fugas hacia la superficie, conexión con otras perforaciones, y cualquier problema que pueda generar aumento erróneo de presión durante la inyección.

Gradualmente se aumenta la presión, esperando no tener problemas, en caso de existir alguno, se debe reducir la presión rápidamente. Si todo el proceso, continúa sin inconvenientes se alcanzará la presión máxima de inyección en pocos minutos.

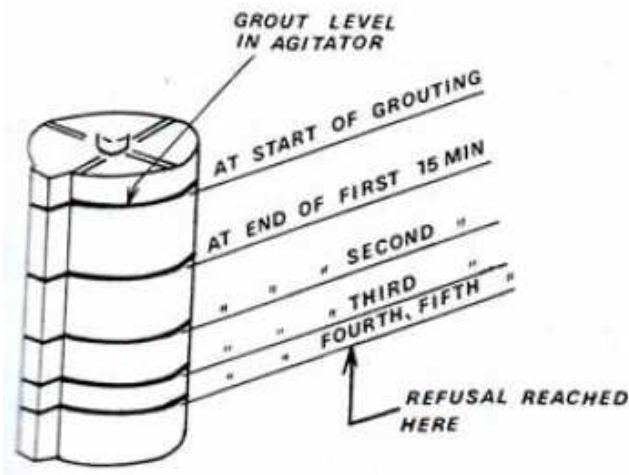
Si durante este intervalo, la presión aumenta significativamente con pequeños movimientos del control de la misma, significa que estamos llegando al punto de “cierre” del intervalo de inyección, además la absorción es baja. Si por el contrario, la presión se mantiene baja, aunque se abra la válvula de control de presión, se puede tener un sondeo con “rápida” absorción de lechada, o por el contrario problemas de resurgencia hacia la superficie o intercomunicación con otros sondeos.

A partir de los primeros 15 minutos, o cuando la absorción se ha estabilizado, se deben hacer otras consideraciones. Primero se cuantifica la cantidad de lechada consumida hasta ese momento, y se observa sobre la superficie del tanque agitador donde se acumula la mezcla a inyectar, para determinar si:

- Existe una **toma rápida**, si la superficie de la mezcla en el agitador desciende perceptiblemente en alrededor de 30 segundos; y, no existe aumento de presión cuando se abre la válvula de control de la misma. Si se tuvo valores altos de permeabilidad en las pruebas de agua en los ensayos preliminares, esta toma se justifica. Si no es así, puede ser necesario una mezcla más gruesa para rellenar las fracturas.
- Existe una **toma moderada**, si la superficie de la mezcla en el agitador apenas desciende en alrededor de un minuto; y, se dan cambios leves o moderados en el manómetro que mide la presión de inyección. Si esto sucede, significa que la mezcla es la adecuada para continuar el proceso de inyección, hacerla más gruesa podría causar una finalización errónea de la inyección.
- Existe una **toma lenta**, es decir, la superficie de mezcla en el agitador casi desciende imperceptiblemente; y, la presión aumenta considerablemente con mínimos movimientos de la válvula. Si las pruebas de permeabilidad indicaban condiciones de fracturas cerradas en el macizo, mezclas con relaciones W:C de 3:1 o 2:1 son las adecuadas a pesar de las tomas lentas; si la relación es 1:1, la mezcla es muy gruesa para inyectar este sondeo.

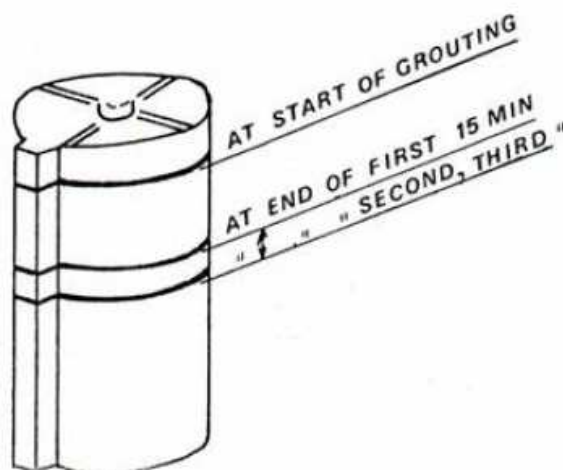
Cada inyección requiere un proceso periódico de revisión, donde todos los parámetros deben ser medidos, para prever cualquier cambio necesario que deba darse durante la misma. Una forma de análisis, es la observación del decrecimiento de la mezcla en el agitador, pudiendo tener cuatro situaciones:

- Para cada período de revisión, la cantidad de lechada va disminuyendo hasta llegar al cierre de las fracturas (figura 4.3).



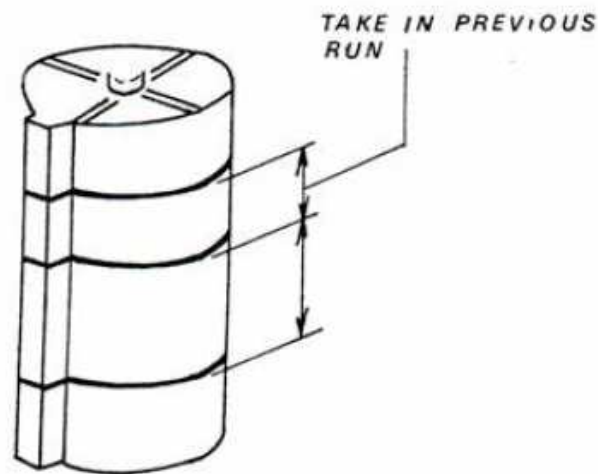
**Figura 4.3:** esquema de disminución de mezcla ideal (tomado de Houlsby, 1990).

- La cantidad de lechada disminuye muy rápidamente, obteniendo un cierre erróneo del sondeo, después del segundo período de inyección; esto puede indicar que la mezcla es muy gruesa (figura 4.4).



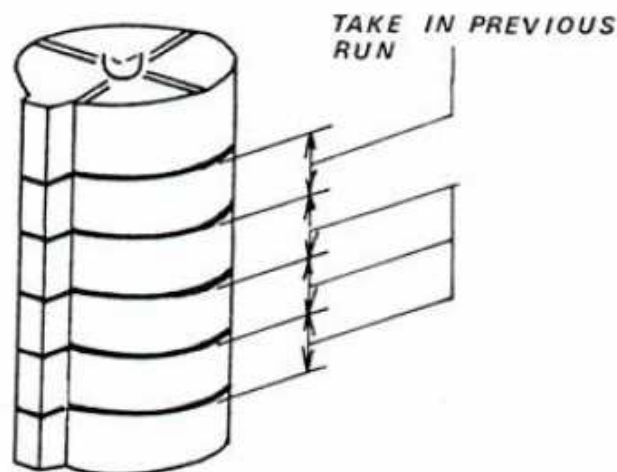
**Figura 4.4:** esquema de disminución muy rápida (tomado de Houlsby, 1990).

- Si para el segundo período de inyección, aumenta la absorción de lechada, puede existir un problema de resurgencia hacia la superficie o una intercomunicación de los sondeos (figura 4.5).



**Figura 4.5:** esquema donde la absorción aumenta por fuga o intercomunicación (tomado de Houlby, 1990).

- Una absorción relativamente igual para cada período de medición indica que la mezcla es muy fina y que está circulando por las fracturas, sin cerrarlas (figura 4.6).



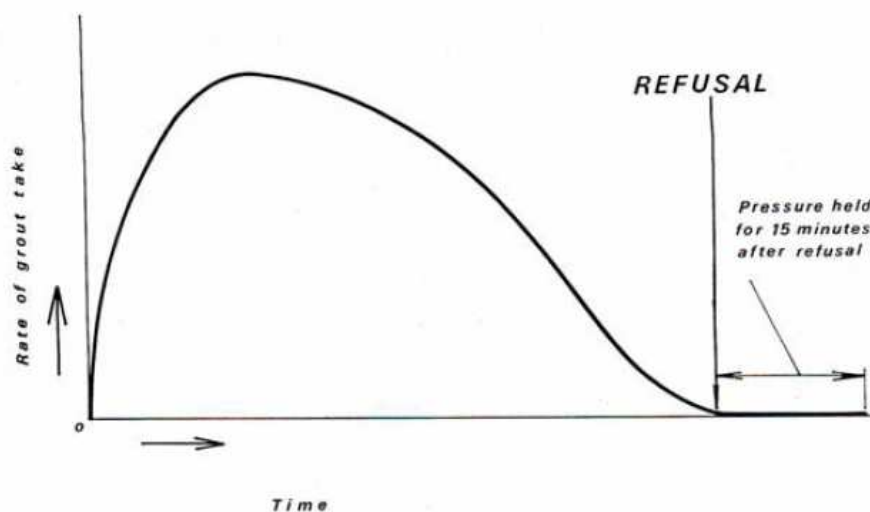
**Figura 4.6:** esquema donde la absorción es igual debido a una mezcla muy fina (tomado de Houlby, 1990).

En general, se debe inyectar con la mezcla más gruesa posible, con el fin de cerrar las fracturas, aprovechando la movilidad de la lechada que es más efectiva en la primera media hora para bajas absorciones y de alrededor de tres horas para absorciones grandes (Houlby, 1990).

Cuando se aproxima el cierre o finalización de la inyección, la absorción tiende a ser nula, y se debe mantener la presión máxima por 15 minutos, para dar por terminado el proceso. Si no se llega a la presión máxima, y la toma de lechada tiende a ser continua, no se debe seguir inyectando indefinidamente; se debe suspender la inyección durante 24 horas, y cambiar la inyección a un sondeo cercano (Houlsby, 1990). Si, luego de las 24 horas, la absorción sigue siendo muy elevada, se sugiere repetir el procedimiento, hasta lograr alcanzar la presión de cierre.

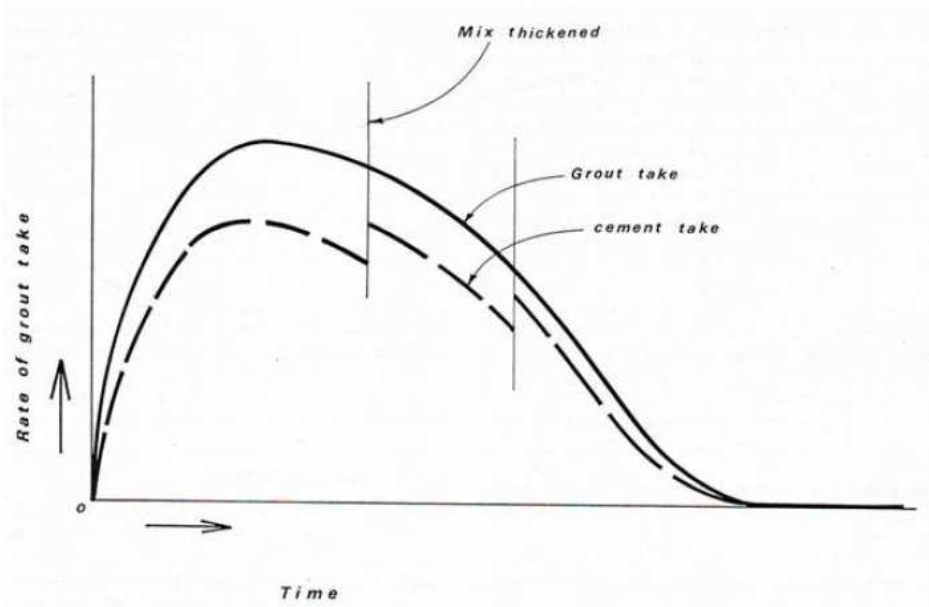
#### 4.2.5.1.4. Evaluación del proceso de inyección

Durante la inyección, es necesario adquirir datos de absorciones en cada período, y plotearlos de manera simple en un gráfico absorción / tiempo. A continuación se indican algunos gráficos y su significado (figura 4.7).

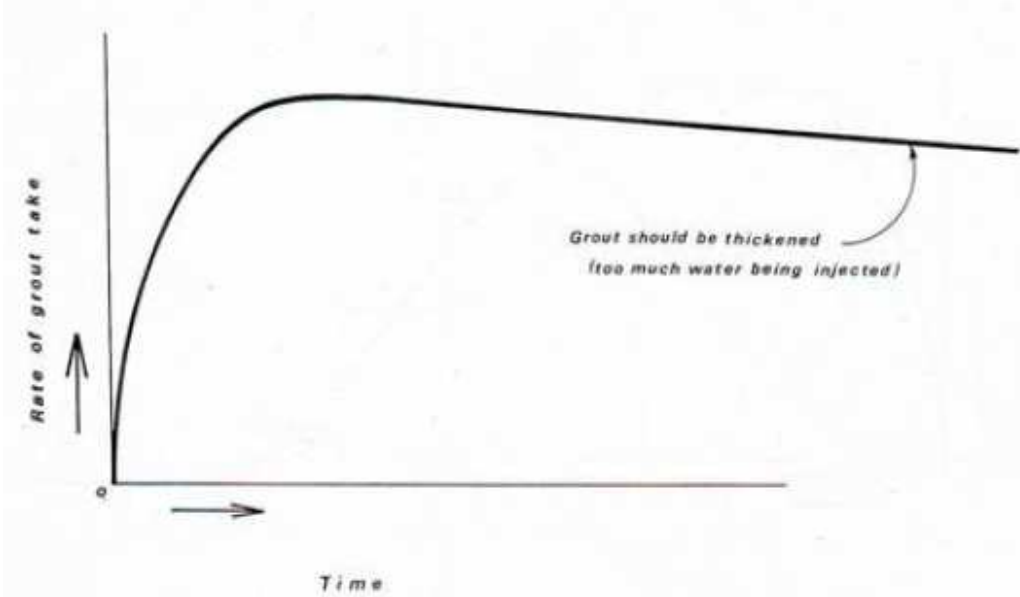


(a)

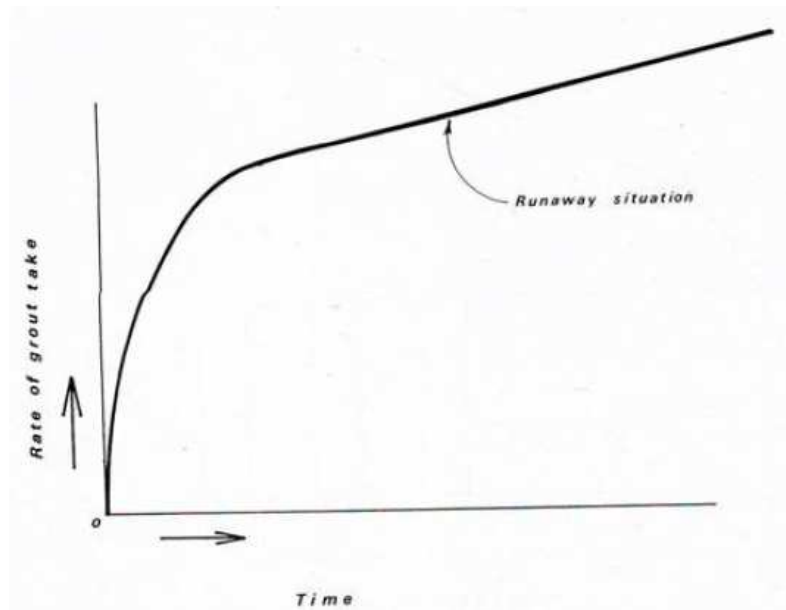




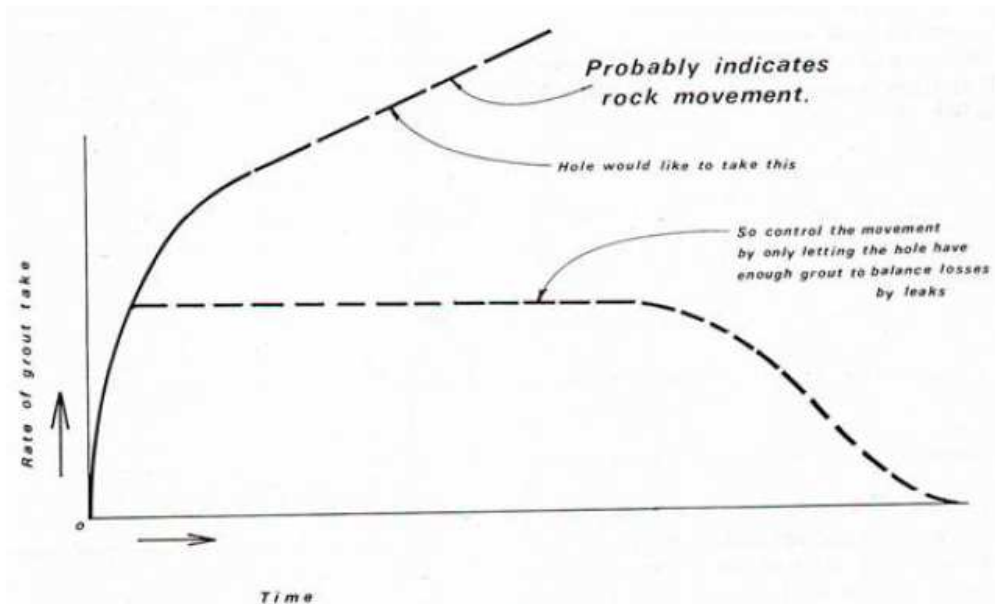
(b)



(c)



(d)



(e)

**Figura 4.7:** gráficos donde se muestra la absorción durante el período que dura la inyección: (a) gráfico ideal para una inyección; (b) mezcla donde se aplicaron cambios en la dosificación hacia una mezcla más gruesa; (c) mezcla que debe aumentar su relación W:C; (d) inyección donde existe una fuga de lechada hacia la superficie, intercomunicación o fracturación de la roca; y, (e) donde existe movimiento del macizo (tomado de Houlsby, 1990).

## 4.2.5.2. Método GIN (Grout Intensity Number) de inyecciones

### 4.2.5.2.1. Introducción

El proceso de inyecciones en roca implica un amplio rango de criterios teóricos y prácticos, cuyas limitaciones e interpretaciones deben ser consideradas. Existe cierto número de conceptos que han sido entendidos de forma diferente por varios autores que han tratado el tema. Tener nociones fundamentales de estos temas, es necesario para ayudar a entenderlos. Estas diferencias se deben a la existencia de **“dos escuelas de inyecciones”** desarrolladas en estos últimos dos siglos.

A pesar de los logros alcanzados en el desarrollo de esta temática, se espera que sigan apareciendo estudios para mejorar los aspectos científicos, tecnológicos y prácticos referentes a la construcción de grandes proyectos de ingeniería, y dentro de estos, las inyecciones para impermeabilizar y consolidar macizos rocosos.

A diferencia de los fluidos newtonianos, tales como agua o aceite, en donde el comportamiento reológico (reología: *estudio de los principios físicos que regulan el movimiento de los fluidos*) puede caracterizarse únicamente por el parámetro de viscosidad, una mezcla **“estable”** se comporta como un fluido Binghamiano durante el flujo, teniendo ambos viscosidad y cohesión, que son parámetros de resistencia a la fluencia; la viscosidad tiene que ver con la velocidad de flujo, mientras que la cohesión tiene que ver con la distancia máxima de penetración.

Entonces, la distancia máxima de penetración lograda por una mezcla es directamente proporcional a la presión aplicada y a la apertura de las fisuras e inversamente proporcional a la cohesión de la mezcla (Lombardi and Deere, 1993).

Previo al diseño de de las obras de inyección, se debe tener un conocimiento de las características geológicas a nivel regional, del sitio, es decir las

diferentes litologías presentes en el macizo, y principalmente las características físicas de las discontinuidades de la masa de roca: tipos, frecuencia, abertura de las fisuras, rugosidad, alteración o relleno y extensión; todo esto se logra con un adecuado estudio geológico- geotécnico; en este punto es de mucha utilidad el uso de testigos de perforación.

El estado de esfuerzos *in situ* y un estudio geohidrológico, es decir de las condiciones de agua subterránea, deben ser también considerados. Los cambios inducidos por el llenado del vaso de la presa deben ser también considerados.

Es necesario también tener valores referenciales reales de permeabilidad en la roca, antes del proceso mediante perforaciones exploratorias, y después del proceso con exploraciones comprobatorias, estos ensayos pueden hacerse mediante pruebas de Pérdida de Agua bajo presión tipo **Lugeon**, permiten tener una idea clara de la efectividad del trabajo de inyección.

Al final del proceso se prevé un relleno efectivo de las fisuras, lo que mejorará la calidad del macizo, comprobado con otro análisis geomecánico posterior a las inyecciones.

#### **4.2.5.2.2. Consideraciones generales del Método GIN**

Para este método, como para otros utilizados en inyecciones, se debe hacer consideraciones respecto a: tipos de cemento, relaciones Agua/Cemento, tipo de mezcla de acuerdo a la cantidad de agua, ensayos de permeabilidad, hidrofracturación e hidrogateo y penetración de lechada.

##### **4.2.5.2.2.1. Tipos de cemento**

Se pueden utilizar algunos materiales para consolidar macizos rocosos: cemento adicionado a cenizas, vapor de sílice, resinas, silicatos y otras sustancias químicas (Lombardi, 2003). Las inyecciones de lechadas de cemento son las más populares y económicas para mejorar las propiedades del

macizo rocoso.

Cada cemento difiere uno de otro principalmente en cuestiones granulométricas y resistencia química. Además, la adición de otras sustancias químicas, mejoran las propiedades de la lechada.

Cuando se inyectan fisuras finas en el macizo, la penetración depende más del tamaño de los granos de cemento (Blaine), que de la fluidez de la mezcla. Se considera entonces fundamental escoger el tamaño del mismo respecto al tamaño mínimo de las fisuras, además de la adición de superplastificantes y el aumento de la presión de inyección.

#### **4.2.5.2.2.2. Relación Agua/Cemento (W:C)**

Dentro de las propiedades de la lechada a inyectar, una de ellas es la relación antes mencionada (W:C), la misma que es una relación en peso de cantidad de agua que se añade a cierta cantidad de cemento, por ejemplo, una relación  $W:C = 0,5$  significa 1 kg de agua añadido a 2 kg de cemento, y se considera una mezcla donde el cemento es la base de la misma (Houlsby, 1982).

#### **4.2.5.2.2.3. Cantidad de agua y tipo de mezcla utilizada**

La cantidad de agua presente en la mezcla, es decir si la mezcla es considerada “*gruesa*” o “*delgada*”, ha generado discrepancias de opinión debido a los diferentes roles que juega el agua durante el proceso de inyección (Deere and Lombardi, 1985):

- El agua debe hidratar al cemento, esta es una consideración fundamental.
- Lograr, mediante la adición de una cantidad de agua, un fluido con reducida viscosidad y cohesión, de manera que pueda propagarse dentro de las fracturas de la roca; y, evita el contacto directo entre partículas de cemento que generan fricción interna en la mezcla. Esta

fricción podría aumentar exponencialmente la presión dentro de las fracturas y cerraría el paso de la lechada (Lombardi, 1985).

- El agua puede ser absorbida por un macizo rocoso seco, en este caso una mezcla fluida intentaría compensar esta pérdida, aunque, no se puede estimar la cantidad de agua que se pierde en este proceso.
- Por último, otro papel que desempeña el agua en la inyección, es el de abrir las fracturas finas, lo que facilita la penetración de lechada en éstas. Aunque, este papel puede ser atribuido también al agua presente en el macizo.

A pesar de estas consideraciones, se tiene al agua como un vehículo de transporte e introducción de granos de cemento en el macizo rocoso. Y se considera también que la penetración de lechada será mayor si la mezcla es más fluida (?).

El tipo de mezcla a utilizar se deriva de las consideraciones realizadas a través del tiempo, de que las lechadas moderadamente espesas con la adición de superplastificantes, que le darán a la misma menor cohesión, mayor penetración y resistencia luego del fraguado (Lombardi and Deere, 1993), además de algunas otras ventajas sobre las lechadas finas:

- Menor sedimentación de los granos de cemento durante condiciones de flujo lento.
- Menor cantidad de agua que se filtra y rellena las fisuras finas, es decir menor bloque prematuro.
- Mayor estabilidad en el tiempo y distancia, comportándose como algo cercano a un fluido Binghamiano, con cohesión y viscosidad dinámica.
- Menor riesgo de hidrofracturamiento, o apertura de fracturas por presión de fluidos que las rellenan, y en el caso de darse, dichas fracturas

estarán rellenas con una lechada moderadamente espesa que cerrará las mismas.

Una lechada gruesa tiene también entre otras las propiedades de: menor contracción durante el fraguado; mayor densidad y resistencia mecánica, que le permite tener una mayor resistencia a la erosión física y tubificación; menor porosidad y permeabilidad, con esto mayor resistencia a la lixiviación y mayor durabilidad de la pantalla en la vida útil de la presa.

#### **4.2.5.2.2.4. Ensayos de permeabilidad**

Uno de los procesos previos y posteriores, fundamentales realizados en inyecciones, son los ensayos de pérdida o permeabilidad de agua, que en este trabajo serán tratados más adelante.

#### **4.2.5.2.2.5. Hidrofracturación e Hidrogateo**

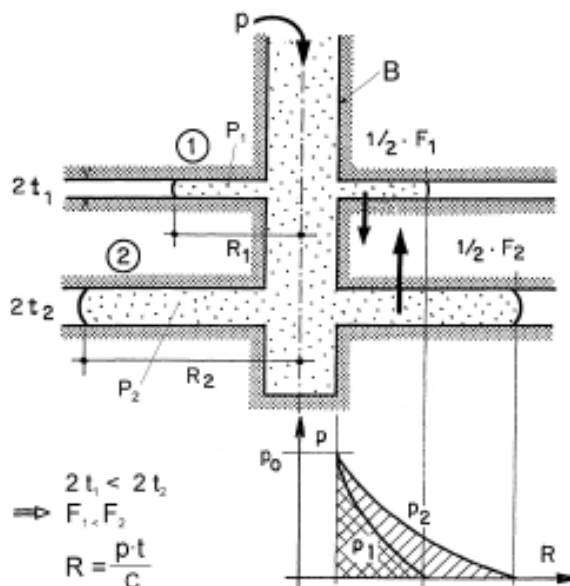
Dos conceptos que deben introducirse son los de ***Hidrofracturación*** e ***Hidrogateo***, el primero relacionado a la formación y apertura de nuevas fracturas o fisuras en la roca; y el segundo relacionado a la apertura de fisuras y fracturas pre-existentes en el macizo. Ambos por el incremento y exceso de presión de agua o mezcla de inyección.

#### **4.2.5.2.2.6. Penetración de lechada**

La penetración de la lechada depende de algunos factores, entre los principales tenemos la geometría de las fracturas, su forma, abertura, extensión e interconexión entre éstas. Combinaciones de estas características pueden derivar en casos complicados a analizar.

Sin embargo, se pueden resumir en un modelo simplificado de fracturas planas de espesor constante (Lombardi, 1985). Éste modelo teórico presenta la relación entre la presión de inyección, abertura de las fracturas, cohesión de la lechada y alcance máximo de penetración de la misma.

De acuerdo con esto, una presión elevada, junto con una abertura grande las fracturas y una baja cohesión, incrementa el valor del radio de penetración de la lechada. Este modelo se muestra en la figura siguiente:



**Figura 4.8:** distribución de la presión y fuerzas en un sistema de dos fracturas, durante la inyección. (Modificado de Lombardi, 2003)

Leyenda:      **B:** sondeo;      **(1):** fracturas cerradas;      **(2):** fracturas abiertas;  
**p:** presión;      **c:** cohesión;      **2t:** abertura de las fracturas;  
**R:** radio de penetración;      **F<sub>1</sub> - F<sub>2</sub>:** Fuerzas de ruptura.

#### 4.2.5.2.3. Intensidad de inyección

La presión de inyección debe maximizarse para incrementar el flujo de lechada, pero se debe evitar el hidrofracturamiento. Limitar la presión y la toma de lechada no es suficiente para evitar o reducir problemas de hidrofracturación o hidrogateo, y así controlar el gasto innecesario de lechada (Lombardi, 2003).

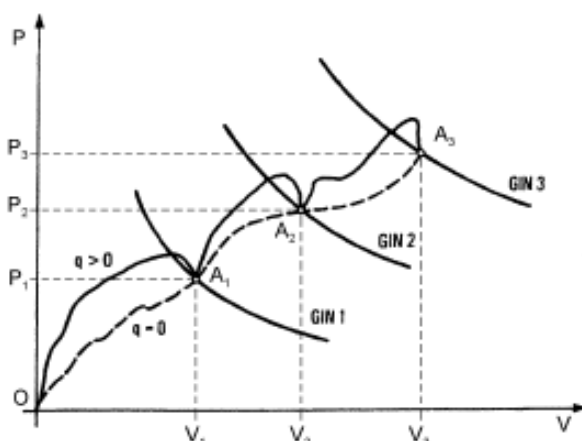
En 1991, la presa El Chocón en Argentina, sufrió una erosión interna del núcleo de arcilla (Aisiks, 1991). Fueron necesarios trabajos de inyección para consolidar tanto el núcleo como el contacto entre el mismo núcleo y la roca de la fundación de la presa. Debido a que se tenía que evitar la hidrofracturación para no dañar el cuerpo de la presa, el concepto de **“Intensidad de inyección”** fue introducido.



Este parámetro es un producto simple entre la presión de inyección y el volumen absorbido en cualquier instante de tiempo. El proceso de inyección es detenido cuando la tasa de inyección es nula.

Como se muestra en la figura 4.9, la intensidad representa un estimado de la energía introducida en el macizo rocoso. Si el proceso es considerado como completamente elástico, y no se toma en cuenta la energía interna perdida debido a la viscosidad y las deformaciones del macizo rocoso, la intensidad sería el doble de la energía elástica introducida por las bombas, y se acumularía en la roca (Lombardi, 2003).

En un proceso de inyecciones real, las condiciones son mucho más complejas, y la intensidad como ha sido definida, no es una herramienta lo suficientemente útil para aplicarla al proceso de inyecciones.



**Figura 4.9:** estados de presión y volumen correspondientes a valores de intensidad de inyección, se puede detener la misma sin que se use el criterio de cierre del sondeo; las líneas continuas muestran una trayectoria real de inyecciones, la línea no continua une puntos sucesivos de con absorción nula (modificado de Lombardi, 2003).

#### 4.2.5.2.4. Grouting Intensity Number (GIN)

Para inyectar una zona de roca en forma más intensiva, se requiere emplear más energía. En un intervalo de inyectado progresivo dado, la energía empleada es aproximadamente proporcional al producto de la presión  $p$  de mezcla inyectada final y del volumen  $V$  de dicha mezcla, dando un producto de

**[p.V]**. Este número se denomina **Número de Intensidad de Inyección** o **GIN** (Lombardi and Deere, 1993) (**Grouting Intensity Number**, en inglés).

El volumen puede normalizarse con la longitud del intervalo de inyección como **l/m** (litros/m) o en forma intercambiable por peso de cemento inyectado en kg/m, para mezclas moderadamente espesas.

La presión ha sido utilizada tradicionalmente como **bar** ( $10^5$  Pa), resultando en [p.V] o unidades GIN siendo bar por litros por metro (bar.l/m), aunque obviamente se pueden utilizar otras unidades, haciendo las conversiones apropiadas.

La información obtenida en estudios de laboratorio de **cohesión** (resistencia a la fluencia) y la viscosidad dinámica de diferentes mezclas, por medio de estudios teóricos de flujo y penetración y por el monitoreo de campo de presiones de inyección y absorciones (tomas) ha conducido al concepto del GIN.

La aplicación más inmediata de este concepto, es tener en cuenta, durante el proceso de inyección el valor de intensidad alcanzado en cualquier instante. Esto conduce también a la definición de GIN.

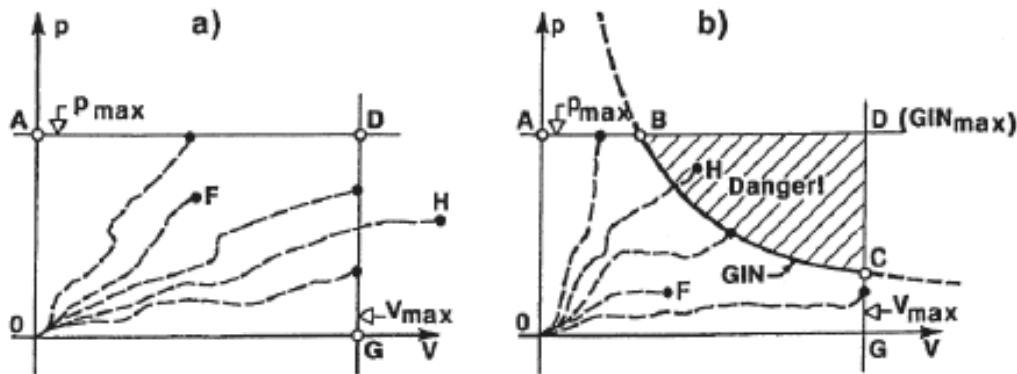
Lo que se busca evitar es la combinación de elevadas presiones y tomas de lechada, que conducen a los fenómenos de hidrofracturación e hidrogateo (Lombardi, 2003).

En consecuencia se establecen tres límites a ser tomados en cuenta en el diseño del proceso de inyección; estos son valores máximos para: presión, volumen e intensidad (figura 4.10).

La **presión máxima**, se define en base a las pruebas de permeabilidad preliminares, se usa normalmente un valor 2 o 3 veces más grande que el valor máximo de presión alcanzado en estas pruebas (Houlsby, 1990).

El **volumen máximo**, o límite no puede ser visto como un valor absoluto, depende más bien de algunos factores que deciden el final de una inyección. Dependiendo de algunos factores se podría luego de alcanzar el volumen máximo:

- Continuar inyectando.
- Parar la inyección definitivamente.
- Para la inyección por un período de tiempo y retomararlo después.
- Abandonar ese sondeo y continuar en uno cercano.
- Añadir, por ejemplo algún producto anti-lavado a la mezcla, o
- Tomar alguna otra medida.



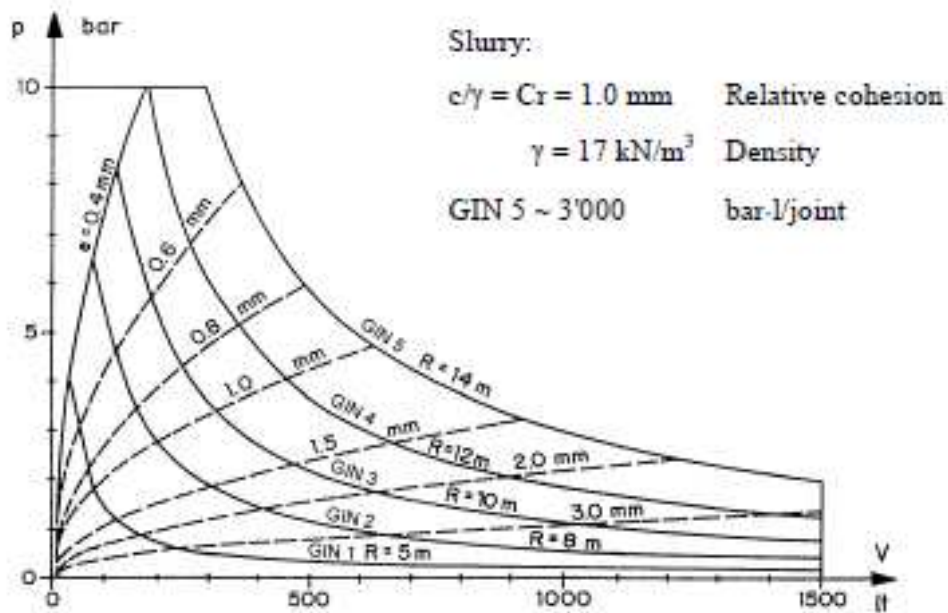
**Figura 4.10:** limitaciones del proceso de inyección, a) método tradicional, y b) método GIN, los puntos **F** y **H** corresponden a trayectorias que no están dentro del método (Modificado de Lombardi, 2003).

El valor GIN es considerado un indicador de la distancia alcanzada por la lechada, y corresponde a la tercera potencia de la misma (Lombardi and Deere, 1993):

$$R = \sqrt[3]{GIN}$$

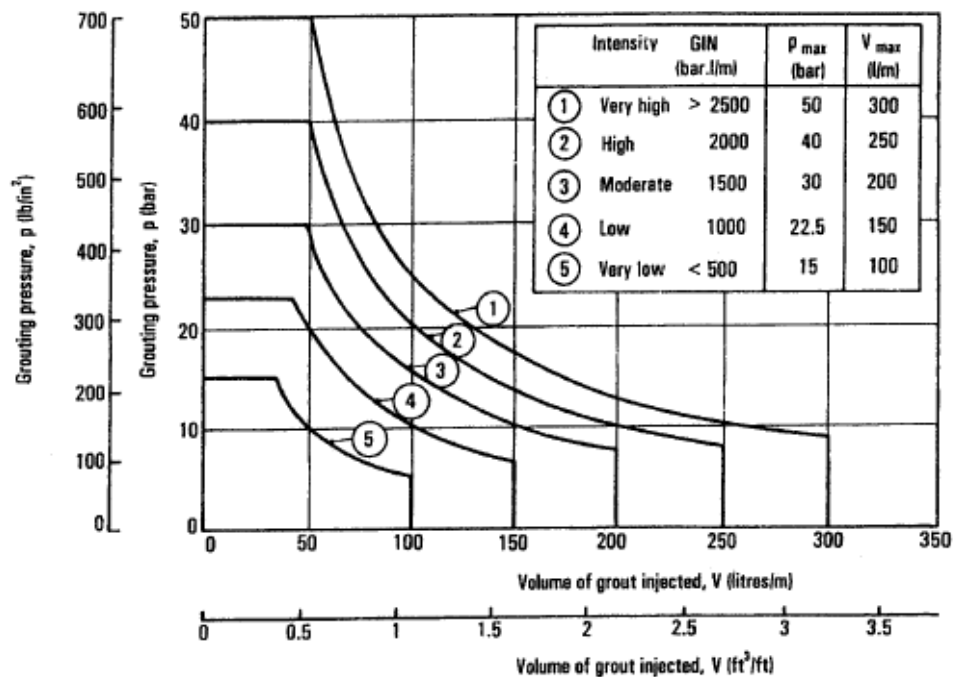
Donde: **R**: distancia alcanzada por la mezcla.

Una fractura muy fina absorbe menos lechada pero requiere una presión elevada de inyección; por el contrario una fractura abierta se llena con un elevado volumen de lechada, a presiones relativamente bajas (figura 4.11, Lombardi 2003).



**Figura 4.11:** inyección de una fractura simple; relaciones entre la presión ( $p$ ), volumen ( $V$ ), abertura de la fisuras ( $e$ ) y radio de alcance de la lechada ( $R$ ). El cemento utilizado no permite inyectar fisuras con aberturas menores que 0,4 mm (tomado de Lombardi, 2003).

Algunas curvas de GIN basadas en métodos experimentales, utilizados en algunos sitios e inyección denominados curvas límites *estándar* se muestran en la siguiente figura (figura 4.12):



**Figura 4.12:** algunas curvas límite GIN (tomado de Lombardi, 2003).

#### **4.2.5.2.5. Descripción del Método GIN de Inyecciones**

El GIN fue originalmente un simple parámetro de un proceso de inyección. Con el pasar del tiempo un número de consideraciones han sido seguidas e implementadas. Este complejo número de reglas se ha denominado **Método GIN** (Lombardi and Deere, 1993).

Este método posee ciertos principios y reglas que se describen a continuación, con el objetivo de mostrar el procedimiento a seguir cuando se lo escoge como técnica a aplicar en un proyecto.

##### **4.2.5.2.5.1. Principios del Método GIN**

Estos principios con los que se pretende producir una inyección de calidad mientras se simplifican los procesos y se evitan fenómenos como la hidrofracturación son (Lombardi, 2003):

###### **4.2.5.2.5.1.1. Mezcla**

Se utiliza una sola mezcla tanto para los trabajos de consolidación como para impermeabilización. Partiendo del principio que una sola mezcla es la mejor.

La mezcla debe tener la retracción mínima posible luego del fraguado, porque toda retracción se traduce luego en la formación de caminos preferenciales de circulación de agua.

La penetración de la mezcla en las fisuras está limitada por el diámetro de los granos de cemento en relación a la abertura de las fisuras. Es un error creer que agregando agua a la mezcla la penetración mejora.

Los cementos finos y super-finos son los más eficientes para sellar las grietas, aunque muchas veces no están disponibles en el mercado o son muy costosos.

Se logra penetración a más distancia para la misma presión de inyección, con la reducción de la cohesión y de la viscosidad de la mezcla añadiendo un superplastificante adecuado.

La mezcla se define en base a ensayos de laboratorio para obtener la relación W:C más favorable. La mezcla debe tener:

- Decantación limitada (mínima).
- Densidad alta.
- Viscosidad baja.
- Cohesión baja.
- Tiempos de fraguado aceptables en función de la inyección a hacer.
- Resistencia mecánica y, especialmente
- Resistencia química a varios agentes.

Los primeros criterios se refieren a la mezcla fresca; los dos últimos a la mezcla fraguada.

Los parámetros determinantes que se pueden manejar para optimizar la mezcla son:

- Tipo de cemento, (granulometría, fineza).
- Relación agua/cemento.
- Tipo y dosificación de superplastificante.

Se debe evitar el uso de bentonita en las inyecciones en roca, debido a que por ser de tamaño menor que el cemento rellena las fisuras finas e impide la penetración del mismo.

#### **4.2.5.2.5.1.2. Curva límite de la inyección**

La curva límite de la inyección se define por tres parámetros:

- a) La intensidad o número GIN=p.V. [**bar.l/m**] o [**bar.kg/m**].

- b) La presión máxima.
- c) El volumen máximo inyectado.

La limitación por intensidad (número GIN) evita la combinación de presiones elevadas con volúmenes de mezcla altos: es decir presiones elevadas actuando sobre grandes superficies. Se elimina así o por lo menos se reduce substancialmente, el riesgo de hidrofracturación e hidrogateo.

La presión máxima es un valor de diseño de los equipos de inyección (bombas, tuberías, obturadores, etc.). Debe ser lo suficientemente alta, de 2 a 3 veces la presión futura del agua en el sitio, para que al llenar el embalse las fisuras no se abran.

El volumen máximo ( $V$ ) elegido no es un límite fijo absoluto, sino un punto donde debe tomarse una decisión.

También se define un volumen crítico ( $V_{cr}$ ) a inyectar en cada estado que es en general:

$$V_{cr} = 0,5 \text{ GIN} / p_{max}$$

La selección del valor GIN depende de las condiciones geológicas y del proyecto. Debe ser escogido al inicio y adaptado durante el desarrollo de los trabajos. Sin embargo, deben ser evitados cambios frecuentes de los parámetros, ya que dificultan el control y el análisis de la inyección.

#### **4.2.5.2.5.1.3. Saturación de la roca**

La roca seca puede absorber el agua de la mezcla, lo que disminuye muy rápidamente la penetración por el efecto de la fricción que se genera entre los granos de cemento. O, el agua puede escapar por las fisuras finas. Es entonces importante que la roca se encuentre saturada al momento de la inyección.

#### 4.2.5.2.5.1.4. Parada de la inyección

La inyección se para con un caudal de inyección nulo (o muy reducido) cuando el producto  $[p.V]$  llega al valor GIN definido. En la práctica se puede sobrepasar el valor GIN fijado en 10% y esperar algunos minutos para ver si dicho producto se acerca más a la curva GIN.

Se para la inyección cuando se ha llegado a la presión máxima, y al volumen máximo. En este último caso se toma una decisión.

#### 4.2.5.2.5.2. Arreglo, espaciamiento y profundidad de las perforaciones y tramos de inyección

Cuando se utiliza el método GIN de inyecciones, el arreglo es el mismo utilizado convencionalmente; es decir sondeos primarios, intermedios entre estos sondeos secundarios; entre los secundarios sondeos terciarios, luego cuaternarios, y de ser necesarios sondeos adicionales (figura 4.13).

El orden de inyección de las líneas es también primero la línea aguas abajo, luego la línea aguas arriba y por último la línea central; las dos primeras sirven como barreras externas, la tercera es la que conformará el cuerpo de la cortina de inyección (Lombardi and Deere, 1993).

Cada línea se divide en sectores, de longitud no mayor 30 m y limitados por sondeos primarios. Esto facilitará el control durante y después del proceso de inyecciones.

Se inicia cada sector con la inyección de sondeos primarios, hasta la profundidad determinada en el diseño. La distancia ( $d$ ) entre estos está relacionada con la ecuación:

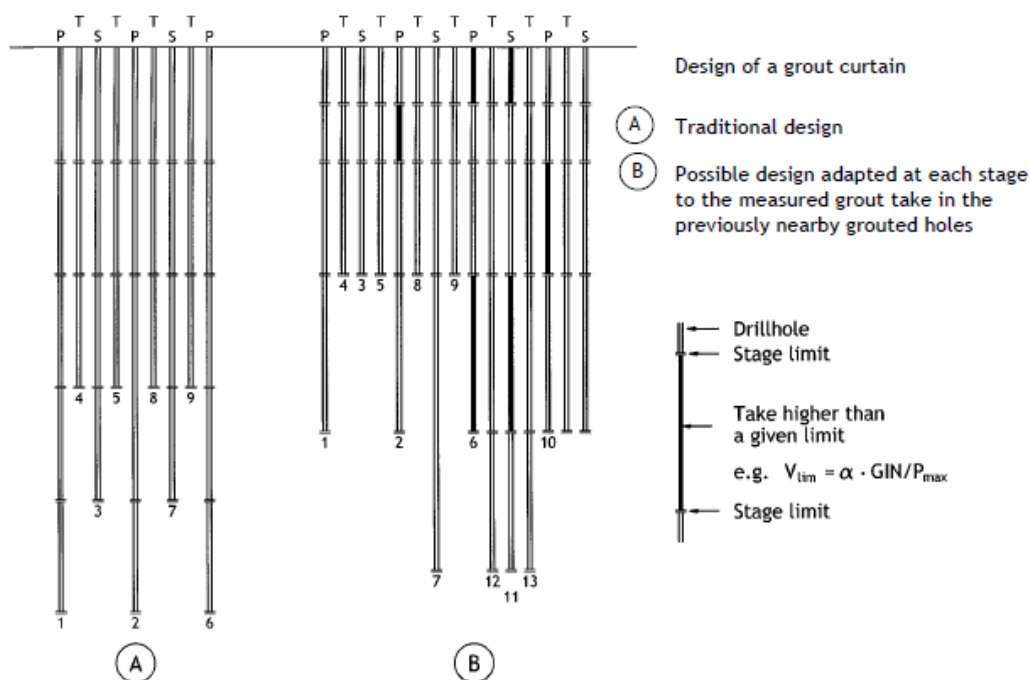
$$d = \sqrt[3]{GIN}$$

Donde:  $d$ : distancia entre dos sondeos primarios, y  
 $GIN$ : Número de intensidad de inyección.



A partir de los sondeos secundarios se toma en cuenta el criterio de volumen crítico, es decir, cuando un tramo de inyección de cualquier sondeo sobrepasa este valor, se deben perforar los sondeos adyacentes, es decir terciarios y cuaternarios por lo menos hasta dicha profundidad, o mejor hasta un tramo de inyección más profundo (figura XXX; Lombardi, 2003).

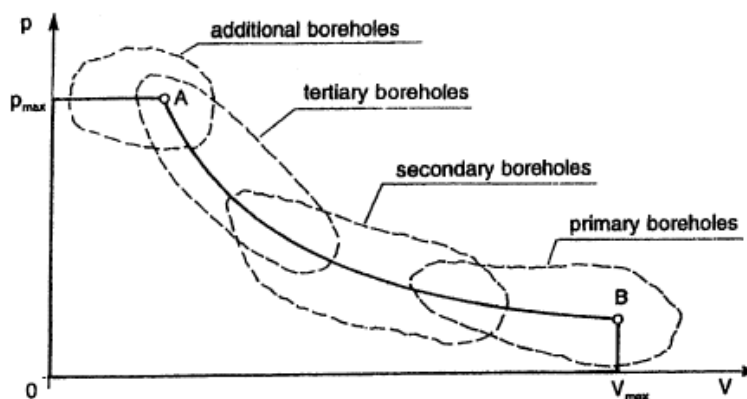
Los tramos de inyección son intervalos de longitud en profundidad estandarizados para todos los sondeos. Es conveniente que cerca a la superficie, y hasta donde la roca esté moderadamente fracturada y meteorizada estos tramos sean cortos, no superiores a 3 m, y pueden incrementarse con la profundidad progresivamente hasta llegar a longitudes no superiores a 10 m.



**Figura 4.13:** (A) arreglo tradicional, donde arbitrariamente se disminuye un tramo cuando se pasa de un sondeo primario a secundario y otro más cuando se pasa a un terciario. (B) esquema donde se muestra el criterio de volumen crítico aplicado en el método GIN de inyecciones. Los números bajo los sondeos indican el orden a seguir durante el proceso (tomado de Lombardi, 2003).

El uso de series sucesivas de sondeos (P, S, T, C, etc.) permite elaborar gráficas utilizando la curva GIN, para indicar la concentración o radio de acción de cada tipo de sondeo, así se puede comprobar que la lechada rellena siempre las fisuras más abiertas que encuentra en el macizo (Lombardi 2003).

Además, la transición correcta es desde finalizaciones por volumen máximo en los sondeos primarios, hasta finalizaciones por presión máxima en los sondeos cuaternarios o adicionales (figura 4.14).



**Figura 4.14:** ejemplo de gráfico P vs V, donde se muestran los radios de acción para cada tipo de sondeo (tomado de Lombardi, 2003).

### 4.3. COMPARACIÓN ENTRE EL MÉTODO GIN Y EL MÉTODO TRADICIONAL DE INYECCIONES

Si bien es cierto que en la actualidad el uso de tecnologías ha simplificado el trabajo antes realizado manualmente, y por consiguiente se ha facilitado no solo el proceso de inyecciones, sino todo lo que tiene que ver con la ingeniería de construcción a todas las escalas, en lo que tiene que ver a la inyección de macizos rocosos, se sigue manteniendo las tendencias hacia la aplicación de estos dos tipos de métodos, cada uno con escuelas bien desarrolladas y con ejemplos de aplicación en algunas obras de gran tamaño e importancia a nivel mundial.

A continuación se realiza una comparación entre los métodos y se resume los resultados en una tabla, para poder indicar algunas de las razones por las que fue escogido el método GIN para aplicarlo en el Proyecto Hidroeléctrico Mazar.

#### 4.3.1. Tipo de Mezcla utilizada

El método tradicional de inyecciones determina iniciar la inyección con una mezcla fluida o  *fina*, con una relación W:C de 3:1 si las fisuras son de ~0,75

mm; o de 2:1 si las fisuras son de ~1,25 mm. Para luego aplicar lo expuesto en la tabla 4.2.

Cambiar la dosificación durante la inyección tradicional, sin tener la experiencia necesaria, puede hacer que el proceso deje de ser óptimo. Es necesario un conocimiento especial para decidir cuándo se debe hacer el cambio.

El método GIN determina iniciar la inyección con una única mezcla moderadamente espesa, obtenida en ensayos de laboratorio, usando un cemento lo suficientemente fino para penetrar en todas las fisuras, y en lo posible utilizarla durante todo el proceso de inyecciones, salvo la presencia de fracturas, cavidades muy grandes o roca muy meteorizada, donde se podría utilizar lechadas más espesas. Esto último es un caso particular y puntual en el proceso (figura 4.15).

Al momento de comparar lo expuesto en los dos párrafos anteriores, el factor económico es fundamental. Utilizar una sola mezcla genera un ahorro importante; este factor puede ser tan crucial ya que de él depende que pueda darse o no un proceso de inyecciones en determinado proyecto.

Si no se realizó un correcto estudio geológico del macizo, el uso de lechadas finas en los momentos iniciales de la inyección implicaría un desperdicio debido a que las primeras fracturas en rellenarse son las de mayor diámetro (Lombardi and Deere, 1993).

Rellenar las fracturas con mezclas variadas, con propiedades diferentes de resistencia, puede generar procesos de erosión y tubificación, que acortan la vida útil de la cortina y por consiguiente de la presa.

Cuando el método tradicional utiliza una sola mezcla, es necesario tener el conocimiento y la experiencia para evitar problemas de hidrogateo, hidrofracturación y levantamiento de la estructura debajo de la que se inyecta, debido al uso excesivo de lechada con elevadas absorciones a grandes presiones, que deforman al macizo.

### **4.3.2. Presión de inyección**

La presión está limitada a un máximo en el método tradicional, que se alcanza progresivamente mientras continúa la inyección. Esta presión fue definida mediante ensayos de permeabilidad y en base a la presión máxima que soportará la roca cuando funcione la presa.

En el método GIN la presión junto con el volumen y el número GIN, limitan la inyección. Como se dijo anteriormente, depende también de las características del equipo utilizado y de la presión que debe soportar el macizo con un embalse lleno (figura 4.15).

### **4.3.3. Volumen de inyección**

El volumen en una inyección tradicional está limitado únicamente por la finalización de la inyección. Esto puede generar desperdicio de mezcla, o una sobre-inyección junto con hidrofracturación e hidrogateo.

En el método GIN, el volumen está limitado por el valor GIN, y por la decisión de finalizar o no la inyección, de acuerdo a lo tratado anteriormente.

### **4.3.4. Factor económico**

En todo proyecto es importante tener un control total del presupuesto a utilizar. Cualquier ahorro que pueda hacerse en base a criterios técnicos, ayuda en la ejecución del mismo.

En las inyecciones con el método tradicional el uso de varias lechadas con características diferentes, y la inyección ilimitada de las mismas hasta aplicar el criterio de cierre implican un costo alto. El gasto excesivo de lechada puede hacer incluso que el presupuesto sea insuficiente para terminar el proceso.

El método GIN al limitar la absorción de lechada limita también el costo de la inyección. Otro ahorro es el límite de profundidad basado en el concepto de

volumen crítico para los sondeos secundarios, terciarios, cuaternarios y adicionales.

#### **4.3.5. Otras consideraciones**

La cohesión que aumenta inversamente proporcional con la distancia o alcance de inyección, no es constante en las inyecciones tradicionales con varias mezclas (figura 4.15).

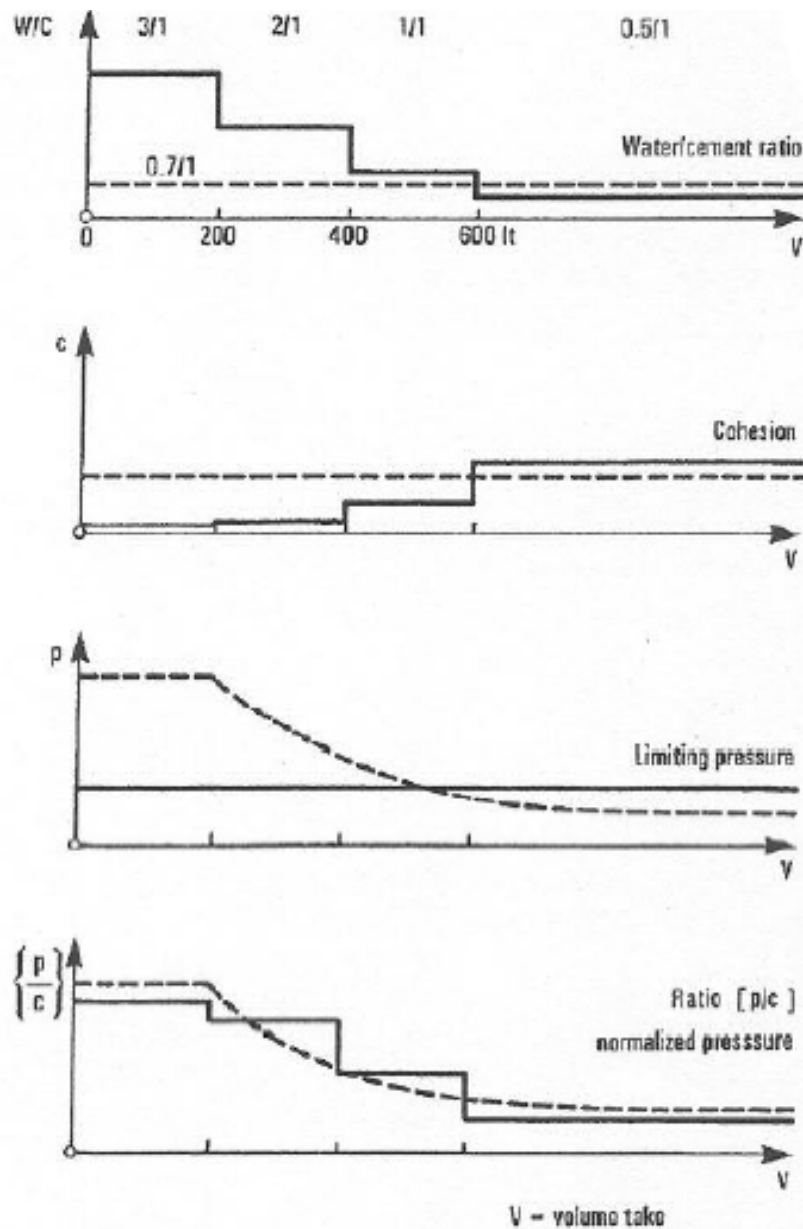
En el método GIN, la cohesión se mantiene constante, y la mezcla moderadamente espesa tiene una cohesión baja por la adición de fluidos superplastificantes.

En las inyecciones tradicionales, la única forma de finalizar el proceso de inyección, es aumentando la cohesión, es decir cambiando la mezcla, o simplemente reduciendo la presión (figura 4.15). O, reduciendo la presión normalizada ( $p/c$ ) que es una relación entre la presión y la cohesión, mientras aumenta la toma de lechada (Lombardi 1999).

Todas estas consideraciones fueron tomadas en cuenta para decidir utilizar el método GIN de inyecciones en el proyecto hidroeléctrico Mazar.

Teniendo como una experiencia la inyección realizada en el Proyecto Hidroeléctrico Paute – estribo izquierdo, donde la parte inferior de la cortina fue inyectada con el método tradicional de varias mezclas de finas a gruesas. En cambio en la parte superior se utilizó una sola mezcla gruesa. Aunque la toma de lechada fue similar, la cantidad de agua utilizada en la parte inferior generó una cortina menos resistente cuando se solidificó.

Esto significa que la lechada única utilizada generó una cortina homogénea en la parte superior. Con características de resistencia más altas respecto a la parte más baja.



**Figura 4.15:** comparación entre los métodos tradicional y GIN de inyecciones. La línea continua representa a la inyección tradicional, la segmentada al método GIN (Modificado de Lombardi, 1999).

Esta premisa fue, junto con una metodología bien explicada para el uso del método GIN y la disponibilidad de tener un control computarizado de los parámetros que requiere el método, además del aspecto económico, lo que permitió a los técnicos del proyecto a decidir este como más idóneo para aplicarlo en el Proyecto Hidroeléctrico Mazar.

Toda la información descrita sobre la comparación de los métodos se resume en la siguiente tabla comparativa:

<b>Parámetro</b>	<b>Método tradicional</b>	<b>Implicación</b>	<b>Método GIN</b>	<b>Implicación</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Mezcla</b>	Uso de varias mezclas de finas a gruesas. Una sola mezcla puede ser utilizada.	No se rellenan las fisuras gruesas, la cortina no es uniforme. Si se usa una sola mezcla, se debe cuidar no deformar el macizo.	Uso de una sola mezcla moderadamente espesa para todo el proceso.	Cortina “homogénea”. No existe desperdicio de mezclas, menos gasto	El factor económico es importante. Ambos métodos necesitan de datos geológicos de buena calidad. El cemento en el GIN debe ser más fino que las fisuras.
<b>Presión</b>	Presiones altas definidas por ensayos de agua.	La presión puede ser demasiado alta y deformar el macizo. Implicaciones con el volumen	Presión alta máxima, definida por el valor GIN y por la carga que soportará la estructura. También la presión máxima para el equipo utilizado	Se limita la presión, que es elevada pero no se aplica por grandes períodos de tiempo.	Se busca llegar a cerrar totalmente las fisuras. La presión en ambos métodos debe evitar fenómenos de hidrofracturación e hidrogateo.
<b>Volumen</b>	Volúmenes elevados limitados por la decisión de finalizar la inyección	Se puede llegar a usar demasiada mezcla, dañando al macizo. Junto con presiones elevadas se puede dar una deformación de la roca.	Volumen máximo o limitado por el valor GIN.	Se disminuye la posibilidad de deformar la roca o dañar el macizo. Además del factor económico que es reducido respecto al método tradicional	El factor económico es importante. No se puede permitir elevadas presiones y volúmenes para evitar que se deforme la roca.
<b>Factor económico</b>	Uso de varias mezclas o una sola mezcla con presión y volumen elevados	Costo elevado del proceso de inyección	Uso de una mezcla y límite de presión y temperatura junto con el valor GIN.	Ahorro en el proceso de inyecciones.	No existe diferencia en el método tradicional aunque se use una sola mezcla.
<b>Cohesión</b>	Aumenta con el tipo de mezcla progresivamente utilizada durante la inyección	Permite mediante el concepto de presión normalizada terminar la inyección. Se aumenta para llenar fracturas de mayor diámetro	Se mantiene durante el proceso de inyección	Junto con el uso de fluidos superplastificantes permite inyectar todas las fisuras	La cohesión permite tener un mayor alcance en el relleno de fisuras.

**Tabla 4.2:** tabla comparativa entre el Método Tradicional y el Método GIN de inyecciones.

#### 4.4. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

Existen ensayos de agua a presión o pruebas de permeabilidad de tres tipos: ensayos para proyectos de diseño; ensayos que se realizan antes del proceso de inyecciones; y, ensayos que se realizan como verificación luego de inyectar un macizo (Weaver and Bruce, 2007).

Las pruebas de permeabilidad o más propiamente dichas pruebas de conductividad hidráulica, se realizan comúnmente en los estudios de exploración finales de diseño para ayudar a evaluar posibles pérdidas por filtración luego del llenado del embalse. También para determinar la profundidad apropiada de la cortina de inyección.

Las unidades en las que se mide la permeabilidad son centímetros por segundo [cm/s]. Para mostrar los resultados de los ensayos se utiliza la unidad denominada **Lugeon**, que equivale a un litro por metro por bar de presión ensayada a una presión de 10 bar; o

$$1,3 \times 10^{-5} [cm/s] = 1 \text{ Lugeon}$$

Algunos autores que han definido pruebas donde la presión puede ser constante o variable; siendo estas últimas las más comunes.

Una consideración inicial dice que si la permeabilidad es tiene valores igual o superior a  $10^{-3}$  cm/s con presiones bajas, no es necesario ensayar a presiones mayores (Weaver and Bruce, 2007).

Littlejohn (1992) sugiere que para rocas débiles o suaves se debe usar intervalos o estadios de presión de 2-4-6-4-2 bar, y para rocas duras intervalos de 10-20-40-20-10 bar. El tiempo de inyección es de 5 a 10 minutos para cada intervalo; y el tramo ensayado debe estar entre 3 y 5 m.

Ewert (1985) indica que cinco estadios de presión no son suficientes para tener una idea precisa; los estadios serían a-b-c-d-c-b-a. Los intervalos de tiempo



son de 10 minutos y el tramo de ensayo no debe ser mayor a 5 m.

Houlsby (1976, 1990) indica utilizar cinco estadios de presión: a-b-c-b-a aplicados durante 10 minutos. Hace también un análisis de los resultados para cada estadio y presenta un modelo para cada ensayo. Describe cinco condiciones básicas que se pueden dar:

- **Flujo laminar**, valores *Lugeon* similares para cada estadio de presión, usualmente indica un flujo suave en fracturas finas. Como valor *Lugeon* final indica usar cualquier valor de los 5 obtenidos o hacer un promedio de los mismos (figura 4.16– a).
- **Flujo turbulento**, valores simétricos decrecientes mientras aumenta la presión. Indica un flujo rápido a través de fracturas gruesas. El valor *Lugeon* considerado es el que corresponde a la presión máxima (figura 4.16– b).
- **Dilatación**, el valor *Lugeon* más alto corresponde a la presión máxima. Indica una dilatación local de fracturas por compresión de materiales suaves adyacentes o que fracturas adyacentes paralelas se cierran. El valor *Lugeon* considerado es el que corresponde a la presión más baja o intermedia (figura 4.16– c).
- **Lavado de relleno**, los valores *Lugeon* incrementan incluso al bajar la presión. Indica un lavado del material que rellena las fracturas. El valor *Lugeon* considerado es el de la presión final del ensayo. Si se repite con frecuencia durante un sondeo puede indicar que la presión máxima utilizada es demasiado grande (figura 4.16– d).
- **Saturación de vacíos**, los valores *Lugeon* decrecen durante todo el ensayo. Lo que indica que se llenan los vacíos presentes en la roca. El valor *Lugeon* utilizado es el más bajo de todo el ensayo (figura 4.16– e).

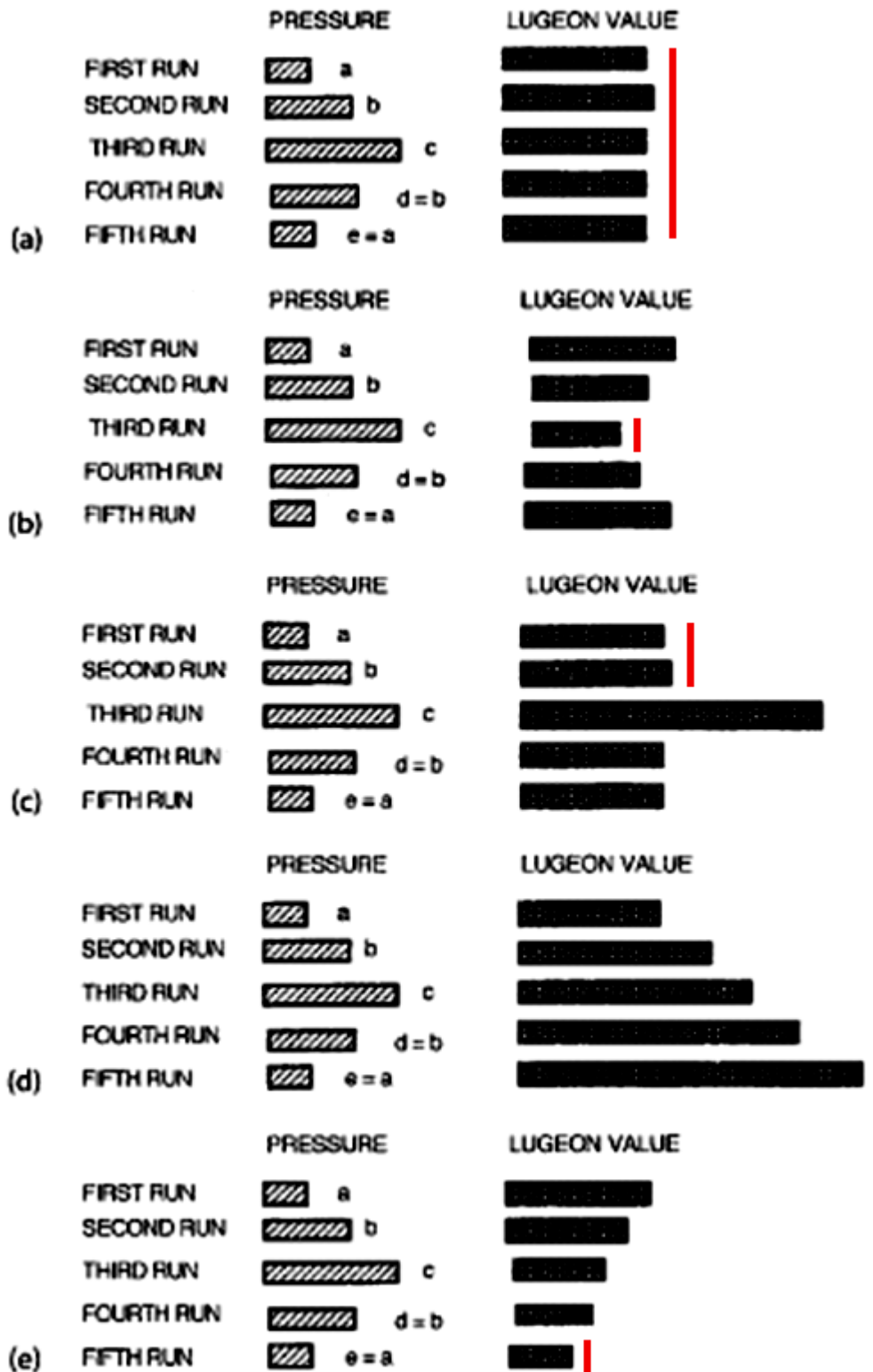


Figura 4.16: condiciones de los ensayos de permeabilidad: a) flujo laminar; b) flujo turbulento; c) dilatación; d) lavado de relleno; e) saturación de vacíos. La barra roja indica el valor Lugeon indicado para determinada condición (modificado de Weaver and Bruce, 2007).

Ewert (2003), usando datos de experiencias en algunos proyectos y haciendo un análisis comparativo presenta algunas correlaciones del valor *Lugeon* (Lu) y la posibilidad de inyección en la roca:

- Valores entre  $<1 - 5$  Lu indican roca no inyectable.
- Valores entre  $5 - 10$  Lu indican roca pobremente inyectable.
- Valores mayor a 10 Lu indican roca inyectable.

Houlsby (1990), indica que se debe inyectar la roca cuyos valores de permeabilidad sean mayores a 10 Lu.

## CAPÍTULO 5

### 5. SÍNTESIS DEL PROCESO DE INYECCIÓN UTILIZADO

#### 5.1. INTRODUCCIÓN

Luego del análisis geológico – geotécnico del macizo a intervenir, se procedió a definir los aspectos concernientes a la inyección, es decir: diseño y construcción de la cortina, profundidad, dirección y disposición de los huecos a realizar. Se trabajó también en diseños para el fluido a ser inyectado, y se determinó el método a utilizar para la inyección. Todos estos trabajos fueron realizados por técnicos y consultores del CGM (Consortio Gerencia Mazar), empresa encargada del diseño y control de los trabajos ejecutados durante la construcción del Proyecto Mazar.

En base a la información recabada se decidió realizar 3 (tres) líneas paralelas de sondeos, la profundidad y la dirección de cada una se definió en base a los estudios de las características físicas y espaciales de las discontinuidades.

El método de inyecciones utilizado es el Método GIN (Grouting Intensity Number) con un valor de 1500. La lechada utilizada tiene una relación agua/cemento de 0,55; con un Blaine 4200 y la adición de súper plastificante Sikament N100 o H200.

Se describe brevemente el equipo utilizado para la inyección, que comprende: silos, balanzas, mezcladoras y agitadores de alta velocidad Tecniwell, bombas, tanques de abastecimiento de agua, mangueras y tubería rígida.

El detalle de las absorciones para cada sector y línea se presenta en un resumen escrito; además, en tablas que contienen una síntesis de las cantidades inyectadas.

## **5.2. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE LA CORTINA DE INYECCIÓN**

En el diseño de la Cortina, es decir, la definición del número de líneas, profundidad y orientación de las perforaciones para la inyección y la selección de la metodología de inyección se tomaron en cuenta los siguientes criterios: geología, condiciones hidrogeológicas, geomecánicas, hidráulicas, geometría del plinto, modelo y configuración de la cortina.

### **5.2.1. Geología del sitio**

Los estudios geológicos-geotécnicos permitieron conocer las características del macizo rocoso, tales como: litología; tipos de discontinuidades: su orientación y condiciones geotécnicas (abertura, continuidad, relleno, alteración); el perfil de meteorización, etc. Estos parámetros fueron la base principal para el diseño de la cortina.

En forma resumida se indica que en el sitio de presa afloran rocas metamórficas: esquistos cuarcíticos, esquistos micáceos (cloríticos), esquistos cuarzo micáceos y cuarcitas, cuyas capas buzcan fuertemente hacia aguas arriba y cruzan el cauce del río con una dirección  $N81^{\circ}E/69^{\circ}SE$ ; las fracturas principales y secundarias tienen las siguientes direcciones:  $S1 = N12^{\circ}W/73^{\circ}-85^{\circ}NE$  y  $S2 = N37^{\circ}E/15^{\circ}NW$  (mapa 3.1, perfil 3.1).

Por las condiciones morfológicas del valle el macizo del estribo izquierdo se presenta mucho más alterado y relajado, el fondo del valle se caracteriza por rocas menos alteradas y discontinuidades cerradas a una profundidad somera.

En el estribo izquierdo la meteorización es más acentuada, al contrario del estribo derecho donde la roca parece menos alterada, pero, persisten las condiciones de relajación con estructuras más verticales.

Los datos sobre las condiciones litológicas y estructurales se obtuvieron de los mapeos geológicos de superficie, sondeos geotécnicos e investigaciones geofísicas, ejecutados en las diferentes etapas de investigación.

### **5.2.2. Condiciones hidrogeológicas**

Se tomaron en cuenta los datos de localización del nivel freático y características de permeabilidad. Se distinguieron tramos donde la permeabilidad era mayor a 10 Lu o menor a 5 Lu. Así se pudo definir la profundidad de la cortina de inyecciones (Weaver and Bruce, 2007).

### **5.2.3. Condiciones geomecánicas de la roca**

Las condiciones geomecánicas de la roca y su relación con las características estructurales permiten delimitar profundidades de impermeabilización (Houlsby, 1990); permiten también orientar los huecos de inyección de tal manera que crucen los sistemas seleccionados como los más importantes en relación con la persistencia y la abertura. Estas condiciones también se consideran importantes para determinar las características y dosificación de las lechadas.

### **5.2.4. Condiciones hidráulicas**

Para el diseño del número de líneas y la delimitación de las profundidades de los huecos de inyección se tomaron como datos de entrada los parámetros: altura de la presa, altura máxima del embalse y la respectiva variación de presiones hidrostáticas a lo largo de los estribos y el gradiente hidráulico.

### **5.2.5. Geometría del plinto**

Tiene relación con la forma y disposición del plinto. De acuerdo con el diseño, se busca cimentar el plinto realizando una excavación lo suficientemente profunda que permita anclar la estructura a la roca de calidad deseada.

Este diseño tiene que ver con: orientación, cambios de dirección, y cambios de pendiente de la estructura del plinto. Y permite o no determinada dirección de la cortina; sobre todo por la dificultad que puede suponer seguir teóricamente este último parámetro.

### 5.2.6 Modelo de la cortina de inyección

Con todos estos datos se estableció el modelo de la Cortina de Inyección quedando constituida como sigue (figura 5.1):

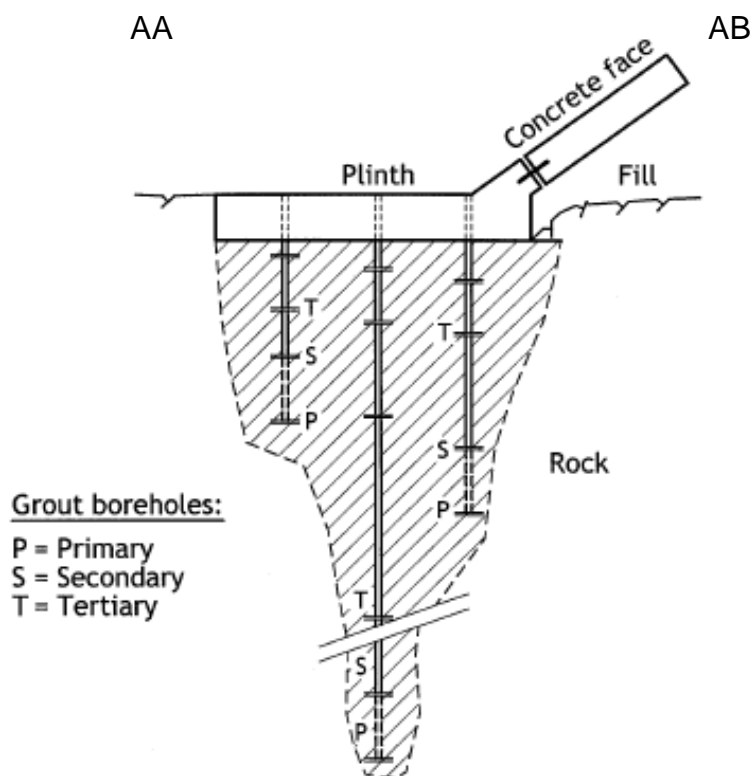
- Profundidad máxima ( $H_{max}$ ) de la cortina de 50m en la línea más profunda tomando en cuenta la relación

$$H_{max} = \frac{1}{3}H$$

Donde H representa la altura total del embalse que es igual a 150m, por lo que se determinó  $H_{max} = 50m$ .

Ewert (2003) sugiere que la profundidad de la cortina se debe prolongar hasta cortar con el nivel natural de agua. Indica también que esto es más aplicable a rocas muy permeables, que no es el caso en el proyecto hidroeléctrico Mazar.

- Para el número de líneas de inyección, si se tiene en cuenta el gradiente hidráulico, sabiendo que éste se atenúa si se amplía el espacio inyectado con la realización de varias líneas (Houlsby, 1990); además las condiciones de meteorización, variabilidad de la litología, fracturación y la presencia de rocas masivas y foliadas se diseñaron tres filas, dos de cierre de 30m y 15m, ubicadas aguas abajo y aguas arriba dentro de la estructura del plinto respectivamente, y una profunda de 50m entre las dos anteriores, con el objetivo de cerrar con lecha la mayor cantidad de fracturas y crear una barrera impermeable (figura 5.1).



**Figura 5.1:** perfil esquemático AA (aguas arriba) – AB (aguas abajo) donde se muestra el modelo de la cortina de inyección (modificado de Lombardi 2003).

- Se definió la dirección de las perforaciones tomando en cuenta la distribución de las discontinuidades (dirección) y especialmente la configuración geométrica del plinto. En estereogramas se plotearon las direcciones de los diferentes juegos de diaclasas que se obtuvieron en el mapeo superficial para la cimentación de los plintos y el talón de la presa.

Es común configurar la cortina direccionando las perforaciones de forma perpendicular a la superficie del terreno (Weaver and Bruce, 2007). Cuando la inclinación de las fracturas está entre  $0^\circ$  y  $60^\circ$  las perforaciones verticales son las más óptimas; o realizar las perforaciones a  $60^\circ$  con la horizontal, ya que se intersecan la mayor cantidad de fracturas posibles (Houlsby 1990).

En base a estos criterios pero teniendo en cuenta como condicionante principal la geometría del plinto (superficie de perforación) se buscó la



dirección óptima para cortar el mayor número de fracturas así: en el plinto izquierdo se toma en cuenta la geometría y se realizaron las perforaciones a 60° con la horizontal.

En el talón se hicieron perforaciones verticales y por geometría en la transición hacia el plinto derecho se configuró un abanico hasta terminar en perforaciones inclinadas 10° bajo la horizontal. Teniendo en cuenta que la foliación es una de las discontinuidades latentes (continuas) en las rocas metamórficas foliadas.

### 5.2.7. Configuración de la cortina de inyección

La cortina de inyección se construyó sobre el plinto de la presa que está cimentado y anclado a la roca, la nomenclatura del plinto inicia en el estribo izquierdo sobre la cota 2159,55m, en la progresiva 0+050,0; sigue bajando hacia el talón en la cota 2000,9m, en la progresiva 0+347, 5; y sube por el estribo derecho nuevamente hasta la cota 2142,04m, desde la progresiva 0+421,5 hasta la progresiva 0+624,2 las longitudes son las siguientes:

Sitio	Progresiva (desde – hasta)	Longitud (m)
Plinto izquierdo	0+050,0 – 0+347,5	297,5
Talón de la presa	0+347,5 – 0+421,5	73,5
Plinto derecho	0+421,5 – 0+624,2	203.2

**Tabla 5.1:** Progresiva y longitud del plinto de la Presa Mazar.

La cortina de inyección como se indicó anteriormente, se diseñó con tres filas denominadas B o aguas abajo, A o aguas arriba, y C o central con las siguientes características en el siguiente orden de inyección (figura 5.1):

- Primero la fila B con perforaciones de 30 m de profundidad,
- Segundo la fila A con perforaciones de 15 m de profundidad, y
- Finalmente la fila C con perforaciones de 50 m de profundidad.

Las profundidades indicadas son medidas desde la superficie del hormigón.

Para la nomenclatura y el orden de inyección se definieron perforaciones Primarias, Secundarias, Terciarias y Cuaternarias.

Houlsby (1990), indica iniciar la inyección con las perforaciones primarias (P, primera etapa de inyección) y secundarias (S, segunda etapa de inyección) que para este proyecto fueron definidas como obligatorias, es decir que se tiene que cumplir la inyección a la profundidad de diseño. Para los siguientes sondeos se introduce el criterio de volumen crítico, que para este proyecto se estableció en 25 l/m; de quedando como opcionales los huecos terciarios y cuaternarios (T, tercera; y C, cuarta etapa).

En base a esto se tiene la siguiente tabla:

SITIO	HUECOS							
	P		S		T		C	
	Cantidad huecos	Longitud (m)	Cantidad huecos	Longitud (m)	Cantidad huecos	Longitud (m)	Cantidad huecos	Longitud (m)
<b>Plinto Izquierdo</b>	132	4196,1	131	4195,07	261	8296,9	525	16657,3
<b>Talón de la presa</b>	35	1183,87	35	1184,6	73	2470,9	141	4765,9
<b>Plinto Derecho</b>	83	3172,7	90	3581,8	164	6261,5	332	12641,2
<b>TOTAL</b>	250	8552,67	256	8961,47	498	17029,3	998	34064,4

**Tabla 5.2:** Cantidades y longitudes de las perforaciones de inyección para todos los sondeos planificados en la cortina de inyección de la presa de Mazar.

En total se programaron 2002 huecos con una longitud estimada de 68 607 metros de perforación. Durante el diseño, técnicos encargados del trabajo estimaron una cantidad total de 8 150 toneladas de cemento a ser inyectados, lo cual da un promedio de 2.38 sacos de cemento por metro de perforación.

En la realización de este proyecto se tomaron en cuenta únicamente los datos concernientes al plinto izquierdo y talón de la presa. Considerando que son datos representativos para realizar el análisis y alcanzar los objetivos propuestos al inicio del trabajo.

### 5. 3. METODOLOGÍA DE INYECCIÓN

En base a la información disponible, y teniendo como objetivo inyectar un medio rocoso metamórfico, fracturado, con discontinuidades abiertas cercanas a la superficie se seleccionó el **método GIN de inyecciones**.

Se analizó la separación de los huecos primarios tomando en cuenta la longitud de penetración de lechada, así como evitar huecos que vayan más allá de la cuarta etapa de inyección (huecos cuaternarios). La realización de sondeos con poca separación entre estos suponen un gasto adicional importante , que debe ser evitado para no sobrecargar al macizo. Se definió entonces una separación entre huecos primarios de ~7 m en el plinto izquierdo y talón de la presa.

La **curva GIN** de referencia, por experiencia en otros proyectos, y como se desprende de la bibliografía, se seleccionó para el inicio de las operaciones una curva GIN de 1500 la cual tiene una presión neta máxima de inyección de 30 bar y un volumen máximo de 250 litros por metro. Esto con el objetivo de adaptar este valor al tipo de roca presente en el área del proyecto evitando desplazamientos superficiales, hidrofracturación y limitando el hidrogateo.

El **volumen crítico** definido anteriormente, se tomó como la décima parte del volumen máximo, es decir es igual a 25 litros por metro.

Los resultados de las investigaciones de laboratorio realizadas permitieron diseñar y seleccionar la lechada de las siguientes características:

<b>PARAMETROS FISICOS MEZCLA 055</b>
--------------------------------------

Tipo Mezcla	W:C	aditivo/c (%)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad Marsh (s)			Cohesión(Pa)			Exudación (% 1 hora)	T agua (° C)
				Mínima (2 hora)	Inicial	Maxima (2 hora)	Min (2 hora)	Inicial	Max (2 hora)		
055	0.55	0.9	1650 - 1700	25	27	31	2.5	5.5	9.5	< 2.5	< 23

**Tabla 5.3:** parámetros de diseño de la mezcla 055 utilizada en el Proyecto Mazar.

La resistencia a la compresión simple es de 15 MPa a los 28 días. Cabe señalar que también se investigaron lechadas densas con adición de arena para rellenar grandes fracturas y cavidades; dejando abierta la posibilidad de utilizar otro cemento más grueso tipo GUAPÁN, producido en el país.

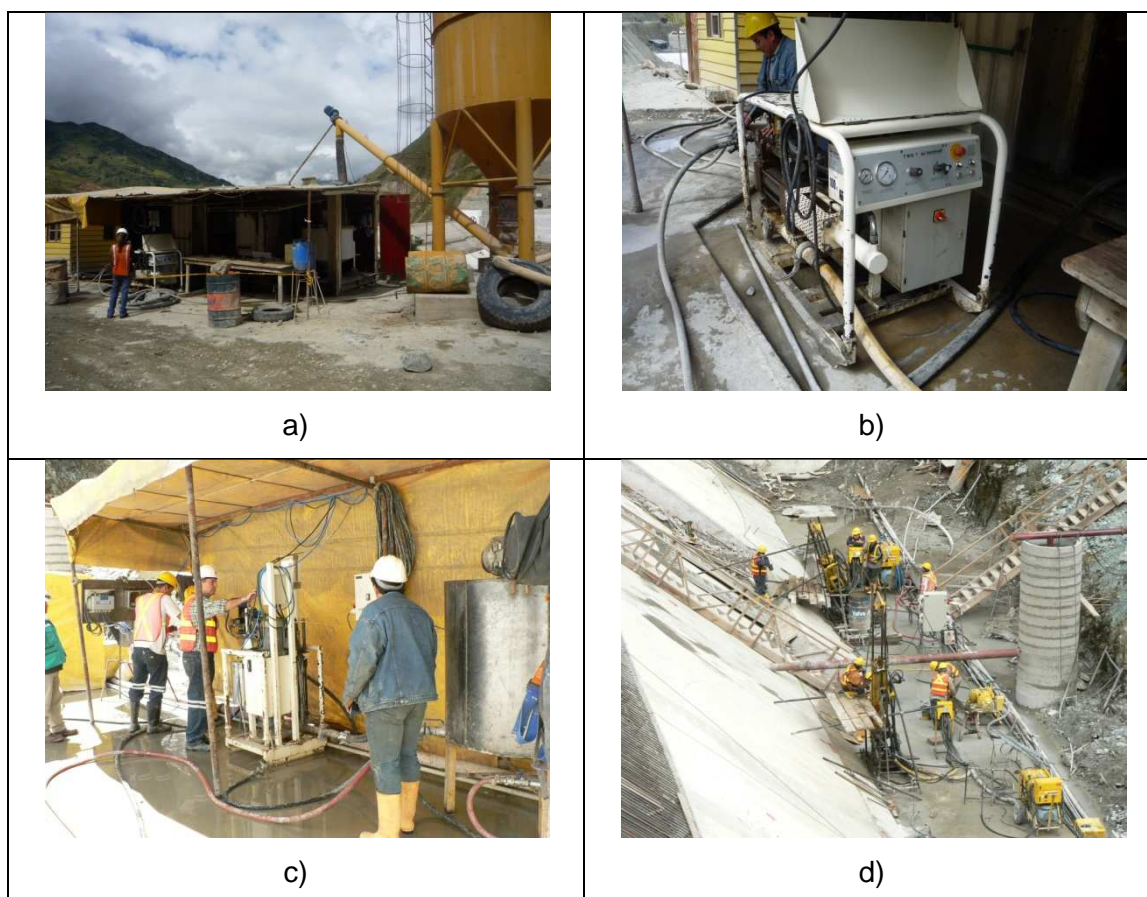
#### 5.4. EQUIPO PARA LA INYECCIÓN

El consorcio que construyó la obra CONSORCIO MAZAR IMPREGILO – HERDOIZA CRESPO (CMIHC), realizó los trabajos de inyección a través de la compañía SGF Inc. de Italia. Esta empresa utilizó equipos de perforación e inyección, cuyas características generales que se resumen a continuación:

- Dos plantas completas para la preparación y bombeo de lechadas, ambas con: silo para 10 ton de cemento, mezcladora de alta velocidad y agitador **Tecniwell** con capacidad de 680 galones; cuya producción horaria es de hasta 20 m<sup>3</sup> de lechada (fotografía 5.1 a – b).
- Un punto central de inyección ubicado en cada plinto con un aparato **Vopi Jean Lutz 2001** que registra absorciones, presiones, caudal; este dispositivo posee un graficador automático donde, mide y dirige por lo menos dos bombas, registra presión, flujo y volumen de las bombas, registra todos los parámetros en función del tiempo; e indica cuando la inyección debe pararse por alcanzar: volumen o presión máxima o topar

la curva GIN (fotografía 5.1 c).

- Cuatro sondas de tipo Diamec 252 y 262 con capacidad para perforar hasta 100 m, con diámetro NQ, provistas de todos los accesorios indispensables para obtener huecos con paredes lisas (fotografía 5.1 d).



**Fotografía 5.1:** circuito de inyección en el Proyecto Mazar: a) silo y mezcladoras; b) agitador Tecniwell; c) Vopi Jean Lutz y bomba de inyección; y d) sondas tipo Diamec.

## 5.5. SÍNTESIS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

A continuación se describirá en forma resumida el proceso, que inició con la perforación de sondeos denominados exploratorios, uno por sector de inyección. Una vez que se contó con la información que arrojaron estos sondeos, y haciendo alguna corrección en el diseño de la cortina cuando se creyó conveniente, se procedió a inyectar la línea aguas abajo (B), luego la línea aguas arriba (A), y culminó el trabajo con la línea central (C).

Al final de la inyección en cada sector se realizó un sondeo de comprobación, con pruebas de permeabilidad de agua e inyecciones de lechada. Con el objetivo de cuantificar los resultados obtenidos, y así saber si fueron reducidos los parámetros de permeabilidad inicial de la roca.

A continuación se presenta una síntesis del proceso para cada sector, haciendo énfasis en los metros perforados, cantidades inyectadas, tipos de parada en las inyecciones, y promedios de las características de la lechada inyectada. Para en el capítulo siguiente hacer un análisis de los resultados obtenidos.

Las tablas de absorción en kilogramos que se generaron durante el proceso y sirvieron para el posterior análisis se encuentran en las tablas 5.A2.1 hasta 5.A2.36 del ANEXO II del presente proyecto de titulación.

#### 5.5.1. Sector 1 (abscisa 0+050 - 0+078,9)

En este sector se perforaron en las tres líneas 3 456,0 m de los 3 144,3 m referenciales contemplados en el diseño original y se inyectaron 5 894,43 sacos de cemento equivalente a 294 721,50 Kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

<b>LINEA</b>	<b>PERFORACION (m)</b>	<b>CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)</b>
<b>B</b>	978,00	2 476,27
<b>A</b>	594,00	1 230,34
<b>C</b>	1 884,00	2 187,82
<b>SUB-TOTAL</b>	3 456,00	5 894,43

**Tabla 5.4:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 1.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)		
	LINEA B	LINEA A	LINEA C
P	160,43	159,62	103,50
S	142.52	135.56	79,85
T	117.69	122.46	67,83
C	116.26	68.59	30,97

**Tabla 5.5:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 1.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	136	30	197
A	98	10	138
C	301	4	185
TOTAL	535	44	520

**Tabla 5.6:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 1.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:

Características de lechada Sector 1		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores obtenidos
Viscosidad (s)	26-31	28
Densidad (g/l)	1650-1700	1683
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.91
Exudación (% 2h)	<2.5	1.70

**Tabla 5.7:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 1.

### 5.5.2. Sector 2 (abscisa 0+78,9-0+107,2)

En este sector se perforaron en las tres líneas 3 452,00 m de los 3 043,41 m referenciales contemplados en el diseño original y se inyectaron 4 963,16 sacos de cemento equivalentes a 248 160,10 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

<b>LINEA</b>	<b>PERFORACION (m)</b>	<b>CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)</b>
<b>B</b>	960,00	1 711,14
<b>A</b>	645,00	590,31
<b>C</b>	1 847,00	2 600,96
<b>TOTAL</b>	3 452,00	4 963,16

**Tabla 5.8:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 2.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

<b>SONDEO</b>	<b>ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)</b>		
	<b>LINEA B</b>	<b>LINEA A</b>	<b>LINEA C</b>
<b>P</b>	144.24	97.50	123.55
<b>S</b>	127.38	51.10	86.62
<b>T</b>	80.78	44.72	65.85
<b>C</b>	69.95	40.76	57.10

**Tabla 5.9:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 2.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

<b>LINEA</b>	<b>TIPO DE PARADA</b>		
	<b>Pmax</b>	<b>Vmax</b>	<b>GIN</b>
<b>B</b>	160	25	129
<b>A</b>	153	4	74
<b>C</b>	325	15	156
<b>TOTAL</b>	638	44	359

**Tabla 5.10:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 2.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:



<b>Características de lechada Sector 2</b>		
<b>Parámetro Referencia</b>	<b>Rango Valores</b>	<b>Valores obtenidos</b>
<b>Viscosidad( s)</b>	26-31	29
<b>Densidad (g/l)</b>	1650-1700	1682
<b>Cohesión (Pa)</b>	2.5-9.5	4.7
<b>Exudación (% 2h)</b>	<2.5	2.3

**Tabla 5.11:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 2.

### 5.5.3. Sector 3 (abscisa 0+107,2-0+136,9)

En este sector se perforaron 2 892,00 m de los 3 064,96 m referenciales contemplados en el diseño original y se inyectaron 4 839,23 sacos de cemento equivalentes a 241 961,50 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

<b>LINEA</b>	<b>PERFORACION (m)</b>	<b>CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)</b>
<b>B</b>	960,00	2 579,18
<b>A</b>	648,00	1 464,35
<b>C</b>	1 284,00	795,70
<b>TOTAL</b>	2 892,00	4 839,23

**Tabla 5.12:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 3.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

<b>SONDEO</b>	<b>ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)</b>		
	<b>LINEA B</b>	<b>LINEA A</b>	<b>LINEA C</b>
<b>P</b>	253.46	206.80	46.10
<b>S</b>	249.35	192.33	35.08
<b>T</b>	102.96	118.95	22.50
<b>C</b>	91.48	65.86	28.90

**Tabla 5.13:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 3.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
<b>B</b>	128	95	119
<b>A</b>	136	51	87
<b>C</b>	295	23	47
<b>TOTAL</b>	559	169	253

**Tabla 5.14:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 3.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:

Características de lechada Sector 3		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1675
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.46
Exudación (% 2h)	<2.5	2.24

**Tabla 5.15:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 3.

#### 5.5.4. Sector 4 (abscisa 0+136,9-0+166,7)

En este sector se perforaron 2 783,5 m de los 3 247,98 m referenciales contemplados en el diseño original y se inyectaron 3 221,3 sacos de cemento equivalentes a 161 065 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

LINEA	PERFORACION (m)	CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)
<b>A</b>	954,00	1534,60
<b>B</b>	576,00	895,80
<b>C</b>	1253,50	790,90
<b>TOTAL</b>	2783,50	3221,30

**Tabla 5.16:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 4.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)		
	LINEA B	LINEA A	LINEA C
<b>P</b>	82.43	120.93	27.56
<b>S</b>	105.15	132.59	37.68
<b>T</b>	84.61	85.05	37.52
<b>C</b>	71.54	49.61	27.84

**Tabla 5.17:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 4.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
<b>B</b>	126	24	141
<b>A</b>	103	5	102
<b>C</b>	255	0	67
<b>TOTAL</b>	484	29	310

**Tabla 5.18:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 4.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características

:

Características de lechada Sector 4		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1673
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.73
Exudación (% 2h)	<2.5	2.15

**Tabla 5.19:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 4.

### 5.5.5. Sector 5 (abscisa 0+166,7-0+190,9)

En este sector se perforaron 2 275,0 m de los 2 739,62 m referenciales contemplados en el diseño original y se inyectaron 2 227,89 sacos de cemento equivalentes a 111 394,30 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

LINEA	PERFORACION (m)	CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)
<b>B</b>	666,00	1 003,65
<b>A</b>	474,00	625,93
<b>C</b>	1 135,00	598,31
<b>TOTAL</b>	2 275,00	2 227,89

**Tabla 5.20:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 5.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)		
	LINEA B	LINEA A	LINEA C
<b>P</b>	145.60	151.70	50.37
<b>S</b>	105.20	86.70	28.83
<b>T</b>	63.70	75.80	21.17
<b>C</b>	51.60	36.10	19.05

**Tabla 5.21:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 5.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
<b>B</b>	118	10	104
<b>A</b>	113	7	65
<b>C</b>	246	2	50
<b>TOTAL</b>	477	19	219

**Tabla 5.22:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 5.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:

<b>Características de lechada Sector 5</b>		
<b>Parámetro Referencia</b>	<b>Rango Valores</b>	<b>Valores obtenidos</b>
<b>Viscosidad(s)</b>	26-31	29
<b>Densidad (g/l)</b>	1650-1700	1681
<b>Cohesión (Pa)</b>	2.5-9.5	4.9
<b>Exudación (% 2h)</b>	<2.5	2.21

**Tabla 5.23:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 5.

#### **5.5.6. Sector 6 (abscisa 0+190,9-0+223,1)**

En este sector se perforaron 3 916,70 m de los 3 991,14 m referenciales contemplados en el diseño original y se inyectaron 7 638,48 sacos de cemento equivalentes a 381 924,00 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

<b>LÍNEA</b>	<b>PERFORACION (m)</b>	<b>CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)</b>
<b>B</b>	1 224,00	3 482,76
<b>A</b>	768,00	2 465,60
<b>C</b>	1 924,70	1 690,12
<b>TOTAL</b>	3 916,70	7 638,48

**Tabla 5.24:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 6.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)		
	LINEA B	LINEA A	LINEA C
P	213.97	220.96	59.67
S	174.60	191.77	47.67
T	141.04	152.95	44.40
C	115.06	140.92	36.67

**Tabla 5.25:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 6.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	139	70	257
A	72	33	207
C	287	8	139
TOTAL	498	111	603

**Tabla 5.26:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 6.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:

Características de lechada Sector 6		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1686
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.81
Exudación (% 2h)	<2.5	1.84

**Tabla 5.27:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 6.

### 5.5.7. Sector 7 (abscisa 0+223,1-0+250,2)

En este sector se perforaron 2 657,0 m de los 3 048,17 m previstos como referenciales en el diseño original y se inyectaron 4 421,8 sacos de cemento equivalentes a 221 089,0 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

LINEA	PERFORACION (m)	CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)
<b>B</b>	918,00	2 162,76
<b>A</b>	570,00	1 067,17
<b>C</b>	1 169,00	1 191,90
<b>TOTAL</b>	2 657,00	4 421,83

**Tabla 5.28:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 7.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)		
	LINEA B	LINEA A	LINEA C
<b>P</b>	174.74	166.00	61.02
<b>S</b>	132.74	101.94	56.16
<b>T</b>	119.09	90.69	54.66
<b>C</b>	98.25	74.48	42.66

**Tabla 5.29:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 7.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
<b>B</b>	156	38	172
<b>A</b>	104	9	118
<b>C</b>	229	8	105
<b>TOTAL</b>	489	55	395

**Tabla 5.30:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 7.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:

<b>Características de lechada Sector 7</b>		
<b>Parámetro Referencia</b>	<b>Rango Valores</b>	<b>Valores obtenidos</b>
<b>Viscosidad (s)</b>	26-31	29
<b>Densidad (g/l)</b>	1650-1700	1684
<b>Cohesión (Pa)</b>	2.5-9.5	4.78
<b>Exudación (% 2h)</b>	<2.5	2.20

**Tabla 5.31:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 7.

### 5.5.8. Sector 8 (abscisa 0+250,2-0+277,4)

En este sector se perforaron 2 340,0 m de los 3 041,92 m previstos como referenciales en el diseño original y se inyectaron 2100,98 sacos de cemento equivalentes a 105 084,6 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

<b>LINEA</b>	<b>PERFORACION (m)</b>	<b>CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)</b>
<b>B</b>	828,00	1126,97
<b>A</b>	489,00	425,17
<b>C</b>	1 023,00	548,84
<b>TOTAL</b>	2 340,00	2 100,98

**Tabla 5.32:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 8.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

<b>SONDEO</b>	<b>ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)</b>		
	<b>LINEA B</b>	<b>LINEA A</b>	<b>LINEA C</b>
<b>P</b>	82.35	57.19	34.09
<b>S</b>	76.70	54.22	30.97
<b>T</b>	65.95	47.19	27.46
<b>C</b>	61.78	33.29	20.12

**Tabla 5.33:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 8.



Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	163	21	88
A	122	0	56
C	241	0	59
<b>TOTAL</b>	526	21	203

**Tabla 5.34:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 8.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:

Características de lechada Sector 8		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores obtenidos
Viscosidad (s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1679
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.85
Exudación (% 2h)	<2.5	2.04

**Tabla 5.35:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 8.

### 5.5.9. Sector 9 (abscisa 0+277,4-0+304,5)

En este sector se perforaron 2 270,0 m de los 3 041,92 m previstos como referenciales en el diseño original y se inyectaron 1 559,36 sacos de cemento equivalentes a 77 967,40 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

LINEA	PERFORACION (m)	CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)
B	765,00	746,96
A	447,00	348,34
C	1 058,00	464,06
<b>TOTAL</b>	2 270,00	1 559,36

**Tabla 5.36:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 9.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)		
	LINEA B	LINEA A	LINEA C
<b>P</b>	62.29	36.30	20.52
<b>S</b>	53.74	50.18	22.90
<b>T</b>	41.68	52.34	25.70
<b>C</b>	44.77	29.29	20.10

**Tabla 5.37:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 9.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
<b>B</b>	163	21	88
<b>A</b>	125	2	49
<b>C</b>	271	0	49
<b>TOTAL</b>	559	23	186

**Tabla 5.38:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 9.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:

Características de lechada Sector 9		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores obtenidos
<b>Viscosidad (s)</b>	26-31	28
<b>Densidad (g/l)</b>	1650-1700	1685
<b>Cohesión (Pa)</b>	2.5-9.5	4.64
<b>Exudación (% 2h)</b>	<2.5	2.41

**Tabla 5.39:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 9.

### 5.5.10. Sector 10 (abscisa 0+304.5-0+325,5)

En este sector se perforaron 1 548,0 m de los 1 682,48 m previstos como referenciales en el diseño original y se inyectaron 1 083,02 sacos de cemento equivalentes a 54 150,9 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

LINEA	PERFORACION (m)	CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)
<b>B</b>	609,00	478,03
<b>A</b>	381,00	377,65
<b>C</b>	558,00	227,34
<b>TOTAL</b>	1 548,00	1 083,02

**Tabla 5.40:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 10.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)		
	LINEA B	LINEA A	LINEA C
<b>P</b>	49.76	67.82	16.79
<b>S</b>	33.19	58.08	15.31
<b>T</b>	40.93	50.21	30.22
<b>C</b>	36.62	42.11	23.55

**Tabla 5.41:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 10.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
<b>B</b>	138	2	53
<b>A</b>	80	1	47
<b>C</b>	133	0	26
<b>TOTAL</b>	351	3	126

**Tabla 5.42:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 10.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:

<b>Características de lechada Sector 10</b>		
<b>Parámetro Referencia</b>	<b>Rango Valores</b>	<b>Valores obtenidos</b>
<b>Viscosidad (s)</b>	26-31	29
<b>Densidad (g/l)</b>	1650-1700	1675
<b>Cohesión (Pa)</b>	2.5-9.5	4.75
<b>Exudación (% 2h)</b>	<2.5	2.30

**Tabla 5.43:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 10.

#### **5.5.11. Sector 11 (abscisa 0+325,5-0+347,5)**

En este sector se perforaron 2 098,5 m de los 3 509,59 m previstos como referenciales en el diseño y se inyectaron 922,23 sacos de cemento equivalentes a 46 115,5 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

<b>LÍNEA</b>	<b>PERFORACION (m)</b>	<b>CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)</b>
<b>A</b>	915,00	521,50
<b>B</b>	525,00	231,18
<b>C</b>	658,50	169,55
<b>TOTAL</b>	2 098,50	922,23

**Tabla 5.44:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 11.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)		
	LINEA B	LINEA A	LINEA C
P	44.78	33.51	20.96
S	31.92	24.47	8.46
T	32.51	22.13	7.90
C	20.01	17.24	16.76

**Tabla 5.45:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 11.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	232	0	69
A	161	0	29
C	161	0	15
TOTAL	554	0	113

**Tabla 5.46:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 11.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:

Características de lechada Sector 11		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores obtenidos
Viscosidad (s)	26-31	28
Densidad (g/l)	1650-1700	1672
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.96
Exudación (% 2h)	<2.5	2.32

**Tabla 5.47:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 11.

### 5.5.12. Sector 12 (abscisa 0+347,5 - 0+376,0)

En este sector se perforaron 1 867,0 m de los 2 730,2 m previstos como referenciales en el diseño y se inyectaron 556,36 sacos de cemento, equivalentes a 27 818,0 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

<b>LINEA</b>	<b>PERFORACION (m)</b>	<b>CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)</b>
<b>A</b>	595,0	123,03
<b>B</b>	468,0	227,35
<b>C</b>	804,0	205,98
<b>TOTAL</b>	1867,0	556,36

**Tabla 5.48:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 12.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

<b>SONDEO</b>	<b>ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)</b>		
	<b>LINEA B</b>	<b>LINEA A</b>	<b>LINEA C</b>
<b>P</b>	13.03	14.47	9.69
<b>S</b>	9.05	39.32	24.10
<b>T</b>	10.84	34.65	11.27
<b>C</b>	9.33	17.24	18.50

**Tabla 5.49:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 12.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

<b>LINEA</b>	<b>TIPO DE PARADA</b>		
	<b>Pmax</b>	<b>Vmax</b>	<b>GIN</b>
<b>B</b>	154	1	-
<b>A</b>	142	-	27
<b>C</b>	207	-	9
<b>TOTAL</b>	503	1	36

**Tabla 5.50:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 12.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:

<b>Características de lechada Sector 12</b>		
<b>Parámetro Referencia</b>	<b>Rango Valores</b>	<b>Valores obtenidos</b>
<b>Viscosidad (s)</b>	26-31	29
<b>Densidad (g/l)</b>	1650-1700	1669
<b>Cohesión (Pa)</b>	2.5-9.5	4.67
<b>Exudación (% 2h)</b>	<2.5	1.99

**Tabla 5.51:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 12.

### 5.5.13. Sector 13 (abscisa 0+376,0-0+397,6)

En este sector se perforaron 1968,6 m de los 3452 m contemplados como referenciales en el diseño y se inyectaron 698,49 sacos de cemento equivalentes a 34924,5 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

<b>LINEA</b>	<b>PERFORACION (m)</b>	<b>CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)</b>
<b>A</b>	769,50	221,80
<b>B</b>	513,00	327,60
<b>C</b>	686,10	149,09
<b>TOTAL</b>	1968,60	698,49

**Tabla 5.52:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 13.

Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

<b>SONDEO</b>	<b>ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)</b>		
	<b>LINEA B</b>	<b>LINEA A</b>	<b>LINEA C</b>
<b>P</b>	16.85	33.63	11.85
<b>S</b>	16.11	42.25	7.76
<b>T</b>	12.26	26.51	12.36
<b>C</b>	13.93	30.91	15.16

**Tabla 5.53:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 13.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
<b>B</b>	243	0	3
<b>A</b>	154	2	37
<b>C</b>	182	0	10
<b>TOTAL</b>	579	2	50

**Tabla 5.54:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 13.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:

Características de lechada Sector 13		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores obtenidos
Viscosidad (s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1670
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.97
Exudación (% 2h)	<2.5	1.81

**Tabla 5.55:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 13.

#### 5.5.14. Sector 14 (abscisa 0+397,6-0+421,5)

En teste sector se perforaron 1982,63 m de los 3536,44 m contemplados como referenciales en el diseño y se inyectaron 547,71 sacos de cemento equivalentes a 27 385,5 kg.

La distribución de perforación y consumo por línea se muestra en la siguiente tabla:

LINEA	PERFORACION (m)	CONSUMO TOTAL Sacos (50kg)
<b>A</b>	844,23	234,28
<b>B</b>	423,00	187,57
<b>C</b>	715,40	125,86
<b>TOTAL</b>	1982,63	547,71

**Tabla 5.56:** cantidades perforadas e inyectadas para el Sector 14.



Los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios en las tres líneas tuvieron las siguientes absorciones promedio:

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)		
	LINEA B	LINEA A	LINEA C
<b>P</b>	14.59	26.70	6.57
<b>S</b>	8.70	22.43	9.85
<b>T</b>	14.15	17.87	8.53
<b>C</b>	17.02	23.25	11.42

**Tabla 5.57:** absorciones promedio en [kg/m] para los sondeos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios del Sector 14.

Los tipos de parada de inyección se muestran en la tabla siguiente:

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
<b>B</b>	227	-	5
<b>A</b>	140	4	22
<b>C</b>	195	-	-
<b>TOTAL</b>	562	4	27

**Tabla 5.58:** número de tipos de parada para cada línea del Sector 14.

La lechada promedio inyectada en todos los huecos de este sector tuvo las siguientes características:

Características de lechada Sector 14		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores obtenidos
<b>Viscosidad (s)</b>	26-31	29
<b>Densidad (g/l)</b>	1650-1700	1670
<b>Cohesión (Pa)</b>	2.5-9.5	4.65
<b>Exudación (% 2h)</b>	<2.5	2.50

**Tabla 5.59:** características promedio de la lechada utilizada en el Sector 14.

## CAPÍTULO 6

### 6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS LUEGO DEL PROCESO DE INYECCIÓN

#### 6.1. INTRODUCCIÓN

Una vez finalizado el proceso, utilizando los datos geológico-geotécnicos, permeabilidad e inyección de los sondeos exploratorios; los datos referenciales del diseño; las absorciones de lechada durante el proceso; y, los resultados de permeabilidad e inyección de los sondeos de comprobación; se realizó un análisis de toda esta información.

Para esto son útiles los datos obtenidos y detallados en los capítulos tres cuatro y cinco del presente proyecto de titulación.

Para cada sector, línea por línea, se analiza las absorciones y se presenta algunas posibles causas para la ocurrencia de absorciones altas o bajas en zonas puntuales o a lo largo de cierto intervalo en la profundidad de la cortina.

Se analiza la frecuencia de absorción con la absorción, con el objetivo de determinar los rangos en los que finalizaron las inyecciones para los sondeos P, S, T y C.

Se analiza también los parámetros presión y absorción para cada parada de inyección por sector, para saber cuál es el radio de acción de cada tipo de sondeo. Y determinar de esta forma si se obtuvieron valores desde volumen máximo en los sondeos primarios, hasta presión máxima en los cuaternarios.

Se hace énfasis en una comparación de los valores tanto de perforación, como de inyección, con el fin de establecer el porcentaje de ahorro o gasto de mezcla respecto al valor referencial de diseño, con el objetivo de poder cuantificar posteriormente el factor económico, relevante en la ejecución de todo proyecto.

En los sondeos de comprobación se analiza y discute la permeabilidad, así como la absorción de lechada, Para tener un valor comparable con las condiciones iniciales del macizo. También para estos sondeos se presenta un perfil geológico-geotécnico (perfil 6.1 a perfil 6.6).

Al final de este capítulo se presenta una tabla donde se indica el ahorro en USD de cada sector analizado, tanto en perforación como en inyección ejecutada respecto al valor referencial.

## 6.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS EN CADA SECTOR INYECTADO

A continuación se presenta para cada sector, un análisis estadístico básico de las perforaciones y absorciones.

Para determinar el tipo de absorciones se usa la clasificación elaborada por Deere (1982), que se muestra en la siguiente tabla:

<b>CLASIFICACIÓN DEERE PARA ABSORCIONES</b>	
<b>CLASE</b>	<b>ABSORCIÓN EN (kg/m)</b>
<b>Muy alta</b>	> 400
<b>Alta</b>	201 – 400
<b>Moderadamente alta</b>	101 – 200
<b>Moderada</b>	51 – 100
<b>Moderadamente bajo</b>	26 – 50
<b>Bajo</b>	0 – 25

**Tabla 6.1:** clasificación elaborada por Deere (1982) para absorciones de lechada.

### 6.2.1. Sector 1

En este sector se perforaron 3 456,0 m de los 3 144,3 m referenciales, y se inyectaron 5 894,43 sacos de cemento equivalente a 294 721,50 kg. Dando una absorción promedio de 1,70 sacos por metro.

En la tabla 6.2, se indica en forma detallada para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 1 fue el 80% de la cantidad referencial; las absorciones promedio en las líneas B, A y C fueron de: 126,6 kg/m en la B, 103,56 kg/m en la A y 58,06 kg/m en la C, el promedio total fue de 108,73 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase ***Moderada a Moderadamente Alta***.

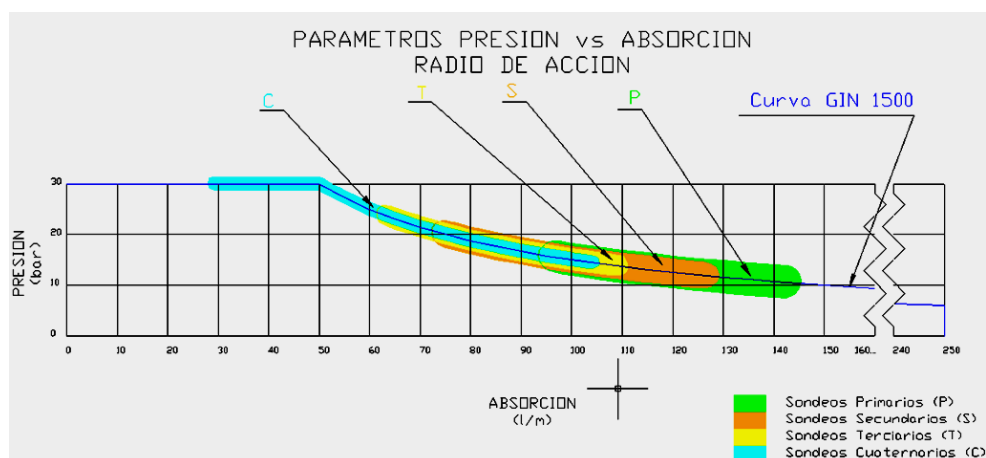
En la línea B se inyectaron 328 tramos de los cuales el 55% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 34% de valores fueron mayores a 100 l/m, con un máximo de 723 l/m, los valores que sobrepasaron el GIN están restringidos a dos tramos superficiales en sondeos Terciarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas y concentradas hasta los 30 m de profundidad.

En la línea A se inyectaron 231 tramos de los cuales el 76% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 39% de valores fueron mayores a 100 l/m, llegando a un máximo de 879 l/m, relacionado puntualmente con un tramo de los sondeos Terciarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas y concentradas hasta los 18 m de profundidad.

En la línea C se inyectaron 450 tramos de los cuales el 48% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 17% de valores fueron mayores a 100 l/m, llegando a un máximo de 595 l/m, relacionado con una resurgencia en un sondeo Terciario. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 60 m de profundidad, pero, se concentran hasta los 24 m de profundidad.

En la tabla 6.2, se puede ver la relación de la frecuencia de absorción con la absorción y en la figura 6.1 se muestra la presión en función de la absorción (radio de acción), allí se observa que los sondeos terciarios y cuaternarios tienen absorciones algo menores con respecto a los primarios y secundarios.

Lo que significa que en este sector se aplicó en forma correcta el método GIN incluyendo la zona superficial de consolidación.



**Figura 6.1:** gráfico *P vs absorción*, se observa la transición de los sondeos desde primarios hacia cuaternarios del Sector 1.

Del sondeo de comprobación denominado CZX-50,0 ejecutado en la fila C (perfil 6.1) se concluye que:

- Existe un predominio (80%) de macizo ligera a medianamente fracturado (1-10 fr/m), con pequeños tramos altamente fracturados a fragmentados (11->20 fr/m).
- El macizo en un 85% tiene valores de permeabilidad, menores a 5 Lu; con sólo dos valores de 6 Lu cercanos a la superficie.
- Las absorciones en 70% son menores a 50 kg/m, con tres valores (30%) entre 50 y 100 kg/m, atribuidas a posibles resurgencias en zonas cercanas a la superficie (6-15 m).
- La lechada ha penetrado hasta los 50 m de profundidad, rellenando fracturas desde milimétricas hasta centimétricas.

Analizando los datos anteriores se concluye que se eliminaron los tramos con altas permeabilidades (>100 Lu), y altas absorciones mayores a 100 kg/m. Aunque en la zona cercana a la superficie, existe hidrofracturación e hidrogateo debido a las presiones aplicadas.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, existe un 44% de reducción en las inyecciones en la línea central, debido a que se rellenaron las fisuras con la inyección previa de las líneas B y A.

En cuanto a la cantidad perforada se incrementó en un 9,94%. La diferencia en la cantidad inyectada respecto a la proyectada de un 21,22%, representa una reducción del costo de la inyección.

### **6.2.2. Sector 2**

En este sector se perforaron 3 452,00 m de los 3 043,41 referenciales y se inyectaron 4 963,16 sacos de cemento equivalentes a 248 160,10 kg. Dando una absorción promedio de 1,44 sacos por metro

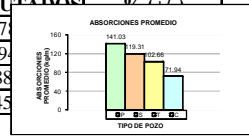
En la tabla 6.3, se indica en forma detallada para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 2 fue el 68% de la cantidad referencial; las absorciones promedio en las líneas B, A y C fueron de: 89,12 kg/m en la B, 50,47 kg/m en la A y 70,41 kg/m en la C, el promedio total fue de 200,0 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase **Moderada**.

En la línea B se inyectaron 320 tramos de los cuales el 61% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 28% de valores fueron mayores a 100 l/m, con un máximo de 750 l/m, los valores que sobrepasaron el GIN están restringidos a dos tramos superficiales en los pozos Cuaternarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas y concentradas hasta los 30 m de profundidad.

ESTADISTICA DE ABSORCIONES PLINTO IZQUIERDO: SECTOR 1

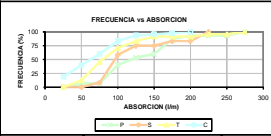
LINEA	METROS DE PERFORACION	
	REFERENCIAL	EJECUTADOS
B	992.71	97
A	496.36	59
C	1654.52	188
<b>TOTAL</b>	<b>3143.59</b>	<b>345</b>



LITOLOGIA	%
Cz	0
Xcz	10
X Czm	50
Xm	40
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-1		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores obtenidos
Viscosidad (s)	26-31	28
Densidad (g/l)	1650-1700	1683
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.91
Exudación (% 2h)	<2.5	1.70

SONDEO	ABSORCION			PROMEDIO
	LINEA B	LI	LI	
P	160.43	1	1	41.03
S	142.52	1	1	19.31
T	117.69	1	1	02.66
C	116.26	68.59	30.97	71.94
<b>PROMEDIO</b>	<b>126.60</b>	<b>103.56</b>	<b>58.06</b>	<b>108.73</b>



LINEA	CONSUMO TOTAL			
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)	SACOS/m
B	112251.59	123813.50	2476.27	2.53
A	55772.44	61517.00	1230.34	2.07
C	99175.88	109391.00	2187.82	1.16
<b>TOTAL</b>	<b>267199.91</b>	<b>294721.50</b>	<b>5894.43</b>	<b>1.71</b>

LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	118132.49	123813.50	4.81
A	59066.84	61517.00	4.15
C	196887.88	109391.00	-44.44
<b>TOTAL</b>	<b>374087.21</b>	<b>294721.50</b>	<b>-21.22</b>

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	136	30	197
A	98	10	138
C	301	4	185
<b>TOTAL</b>	<b>535</b>	<b>44</b>	<b>520</b>

P = Primario                      Pmáx = Presión máxima  
 S = Secundario                  Vmáx = Volumen máxima  
 T = Terciario                    GIN = Grouting intensity number  
 C = Cuaternario

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
 X<sub>CZ</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
 X<sub>m</sub> (Cl) = Esquisto micáceo  
 Cz = Cuarcita

**Tabla 6.2:** estadística de absorciones del Sector 1 - plinto izquierdo.

En la línea A se inyectaron 247 tramos de los cuales el 51% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m, de estos, el 9% de valores fueron mayores a 100 l/m, llegando a un máximo de 350 l/m, relacionado con un tramo de un hueco Primario. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas y concentradas hasta los 21 m de profundidad.

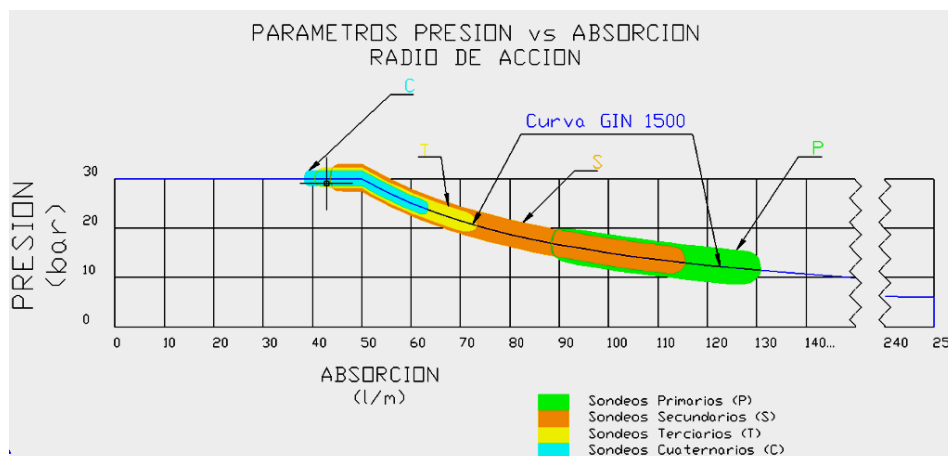
En la línea C se inyectaron 443 tramos de los cuales el 50% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 18% de valores fueron mayores a 100 l/m. Las tomas mayores a 100 l/m están distribuidas en forma puntual hasta los 60 m de profundidad; pero, se concentran hasta los 36 m en el contacto con el Sector 1 y hasta los 50 m hacia el contacto con el Sector 3.

Del sondeo de comprobación denominado CZX-78,9 ejecutado en la fila C (perfil 6.1) se concluye que:

- Sigue el predominio (59%) de rocas altamente fracturadas (11-20 fr/m), eliminándose la clase fragmentada; las discontinuidades siguen francamente abiertas hasta los 9 m.
- El macizo en un 79% tiene valores de permeabilidad menores a 5 Lu; con sólo tres valores menores a 25 Lu en el contacto con el hormigón.
- Las absorciones en 36% son menores a 25 kg/m, con siete valores de 25 a 75 kg/m y dos valores mayores a 100 kg/m, en el contacto hormigón-roca.
- La lechada ha penetrado hasta los 50 m de profundidad, relleno de fracturas desde milimétricas hasta centimétricas.

En la tabla 6.3 se puede ver la relación de la frecuencia de absorción con la absorción y en la figura 6.2 se muestra la presión en función de la absorción (radio de acción), allí se observa que los sondeos terciarios y cuaternarios tienen absorciones algo menores con respecto a los primarios y secundarios, lo cual significa que en este sector se aplicó en forma correcta el método GIN incluyendo la zona superficial de consolidación.





**Figura 6.2:** gráfico  $P$  vs *absorción*, se observa la transición de los sondeos desde primarios hacia cuaternarios del Sector 2.

Analizando estos datos se concluye que se eliminaron los tramos de moderadas a muy altas permeabilidades, aunque, cerca de la superficie, existen absorciones mayores a 100 kg/m, por problemas de contacto hormigón-roca e hidrofracturación.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, aunque se incrementaron las perforaciones en un 13,43%, existe un 31,48% de reducción en las inyecciones totales, es decir de las líneas B, A y C. Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa también una reducción del costo de la inyección.

### 6.2.3. Sector 3

En este sector se perforaron 2 892,00 m de los 3064,96 referenciales y se inyectaron 4 839,23 sacos de cemento equivalentes a 241 961,50 kg. Dando una absorción promedio de 1,86 sacos por metro.

En la tabla 6.4 se indica en forma detallada, para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 3 fue el 67% del valor referencial; las absorciones promedio, en las líneas B, A y C fueron de: 134,33 kg/m en la B, 112,99 kg/m en la A y 30,98 kg/m en la C, el promedio total fue de 92.77 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase ***Moderadamente baja a Moderadamente alta.***

En la línea B se inyectaron 320 tramos de los cuales el 71% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 40% de valores fueron mayores a 100 l/m, con un máximo de 750 l/m, restringido a un tramo de uno de los pozos Primarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 30 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 18 m.

En la línea A se inyectaron 248 tramos de los cuales el 67% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 38% de valores fueron mayores a 100 l/m, llegando a un máximo de 500 l/m, relacionados principalmente con los huecos Secundarios y Terciarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 21 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 12 m.

En la línea C se inyectaron 259 tramos de los cuales el 51% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; con un máximo de 562 l/m, relacionado con un tramo de un hueco Secundario. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 50 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 15 m, aunque hay una absorción importante en el extremo inferior de aguas arriba (Sector 2).

Del sondeo de comprobación denominado CZX-137,9 ejecutado en la fila C (perfil 6.2) se concluye que:

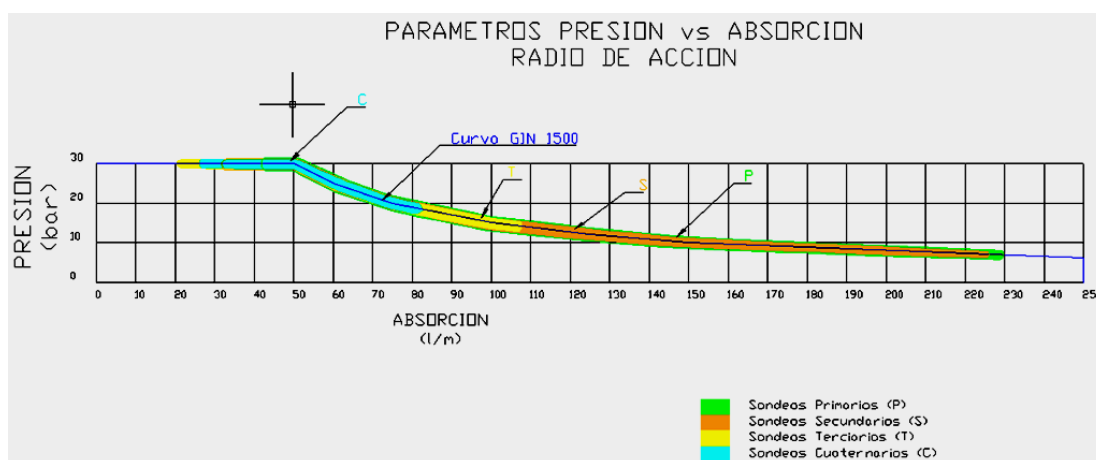
- Existe un predominio (60%) de rocas ligeramente a medianamente fracturadas (1-10 fr/m), con tramos (40%) de roca altamente fracturada a fragmentada (11-20 fr/m).
- El macizo en un 93% tiene valores de permeabilidad menores a 25 Lu, con nueve valores menores a 5 Lu; se presenta una ventana con un valor puntual de 42 Lu, a la que corresponde absorciones muy bajas, lo que puede significar fuga de agua tras el obturador durante la prueba de

permeabilidad.

- Las absorciones en 75% son menores a 50 kg/m, con tres valores mayores a 100 kg/m.
- La lechada ha penetrado en fisuras milimétricas hasta los 60 m de profundidad, pero se concentra entre los 2 y 30 m de profundidad.

En la tabla 6.4 se puede ver la relación de la frecuencia de absorción con la absorción y en la figura 6.3 se muestra la presión en función de la absorción (radio de acción), allí se observa que los huecos terciarios y cuaternarios tienen absorciones menores con respecto a los secundarios y primarios, lo cual significa que en este sector se aplicó en forma correcta el método GIN.

Además, en general, se observa que en los tramos cercanos a la superficie se produce el efecto de consolidación de roca alterada y fracturada, con la presencia de tomas elevadas.



**Figura 6.3:** gráfico *P vs absorción*, se observa la transición de los sondes desde primarios hacia cuaternarios del Sector 3.

Analizando estos datos se concluye que se eliminaron los sectores mayores a 100 Lu y disminuyeron las absorciones mayores a 100 kg/m, aunque, aisladamente aún se presentaron absorciones con valores moderadamente altos, pero bajo los 50 m de profundidad.

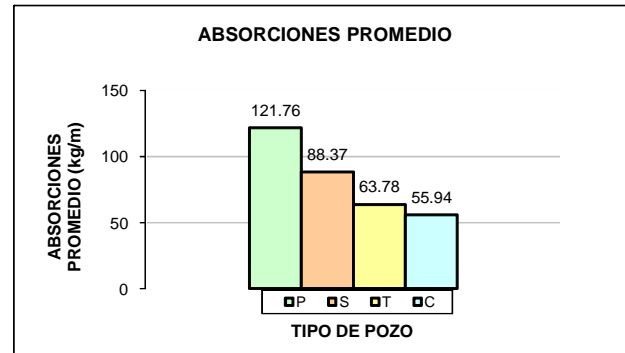
ESTADISTICA DE ABSORCIONES PLINTO IZQUIERDO: SECTOR 2

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	961.04	960.00	-0.11
A	480.54	645.00	34.22
C	1601.83	1847.00	15.31
TOTAL	3043.41	3452.00	13.43

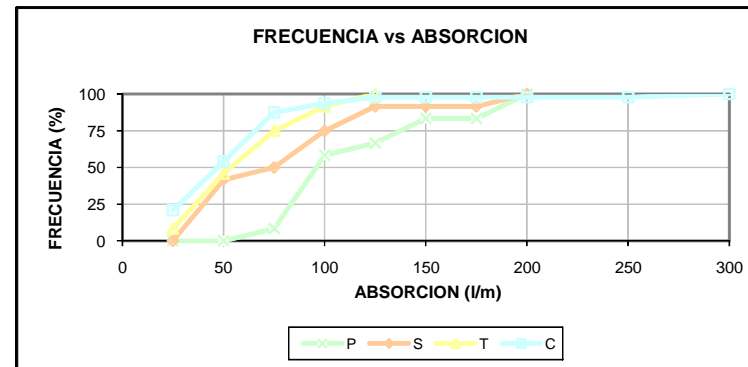
LITOLOGIA	%
Cz	1
Xcz	28
X Czm	54
Xm	17
TOTAL	100

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-2		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1682
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.7
Exudación (% 2h)	<2.5	2.3

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	144.24	97.50	123.55	121.76
S	127.38	51.10	86.62	88.37
T	80.78	44.72	65.85	63.78
C	69.95	40.76	57.10	55.94
PROMEDIO	89.12	50.47	70.41	70.00



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	77567.37	85556.80	1711.14
A	29515.23	32555.30	590.31
C	117903.90	130048.00	2600.96
TOTAL	224986.50	248160.10	4902.41



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	114363.76	85556.80	-25.19
A	57184.26	32555.30	-43.07
C	190617.77	130048.00	-31.78
TOTAL	362165.79	248160.10	-31.48

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	160	25	129
A	153	4	74
C	325	15	156
TOTAL	638	44	359

P = Primario  
 S = Secundario  
 T = Terciario  
 C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
 Vmáx = Volumen máxima  
 GIN = Grouting intensity number

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
 X<sub>CZ</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
 Xm (Cl) = Esquisto micáceo  
 Cz = Cuarzita

Tabla 6.3: estadística de absorciones del Sector 2 - plinto izquierdo.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, se incrementaron las perforaciones totales en un 12,69%, debido a que la línea A fue extendida hasta los 21 m por presentarse en este sector roca muy meteorizada y fragmentada. En la comparación de absorciones existe un incremento en las líneas B y A, pero la línea C disminuye alrededor del 80%, lo que significa una reducción en las inyecciones totales del orden del 33,66%.

Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa una reducción del costo de la inyección.

#### **6.2.4. Sector 4**

En este sector se perforaron 2 783,5 m de los 3 247,98 m referenciales y se inyectaron 3 221,30 sacos de cemento equivalentes a 161 065,00 kg. Dando una absorción promedio de 1,16 sacos por metro.

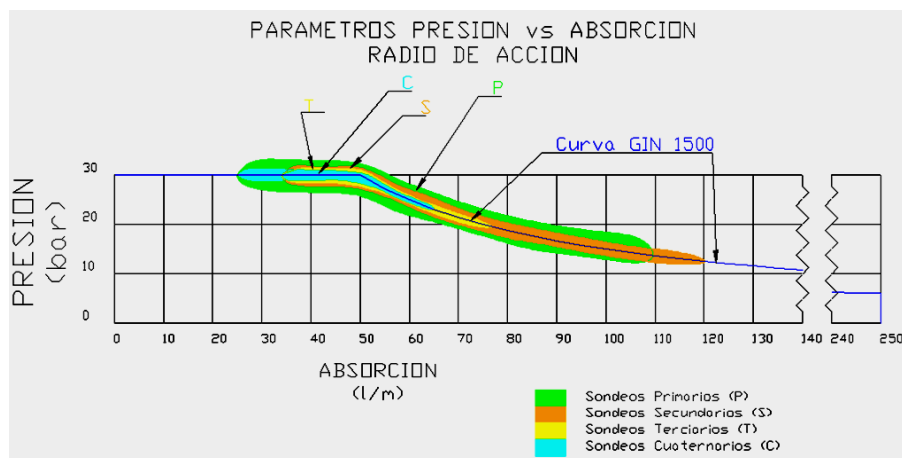
En la tabla 6.5 se indica en forma detallada, para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 4 fue el 42% del valor referencial; las absorciones promedio, en las líneas B, A y C, fueron de: 80,42 kg/m en la B, 77,76 kg/m en la A y 31,54 kg/m en la C, el promedio total fue de 71,88 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase ***Moderadamente baja a Moderada***.

En la tabla 6.5 se puede ver la relación de la frecuencia de absorción con la absorción. Se observa que los huecos terciarios y cuaternarios (figura 6.4) aún tienen absorciones importantes lo cual se puede explicar por una o varias de las siguientes razones:

- Según las especificaciones los huecos secundarios son obligatorios, transformándose en primarios con menor espaciamiento.

- Para dar inicio a los trabajos de inyección fue necesario conformar un “tapón” con la inclusión de huecos terciarios y cuaternarios.
- En el sector existe rocas descomprimidas fracturadas a fragmentadas y medianamente a altamente meteorizadas hasta la profundidad de 24 m.
- Algunos de los huecos fueron prolongados para formar parte del sello del túnel de desvío.
- Al ser uno de los primeros sectores inyectados en el plinto izquierdo, hubieron sondeos donde la absorción fue importante debido a que el radio de acción de la lechada fue alto, y las discontinuidades estuvieron abiertas.



**Figura 6.4:** gráfico *P vs absorción*, se observa la transición de los sondeos desde primarios hacia cuaternarios del Sector 4.

Del sondeo de comprobación denominado CZX-136,9 ejecutado en la fila C (perfil 6.2) se concluye que:

- Existe un predominio (78%) de rocas ligeramente a medianamente fracturadas (1-10 fr/m).
- El macizo en un 78% tiene valores de permeabilidad menores a 25 Lu; se presentaron ventanas con valores puntuales de 30 Lu, con absorciones muy bajas.
- Las absorciones son menores a 75 l/m.
- La lechada ha penetrado hasta los 54 m de profundidad, pero se concentra entre los 2 y 30 m de profundidad.

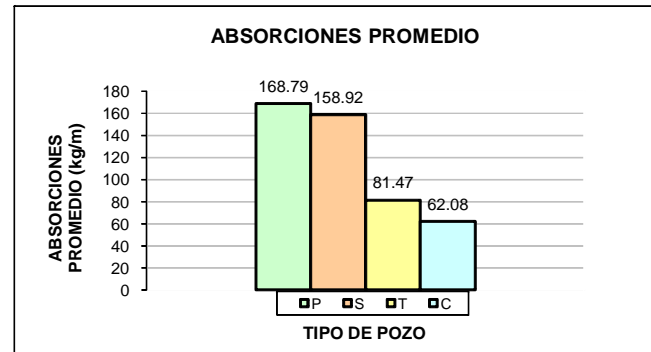
ESTADISTICA DE ABSORCIONES PLINTO IZQUIERDO: SECTOR 3

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	967.86	960.00	-0.81
A	483.93	648.00	33.90
C	1613.10	1284.00	-20.40
TOTAL	3064.89	2892.00	12.69

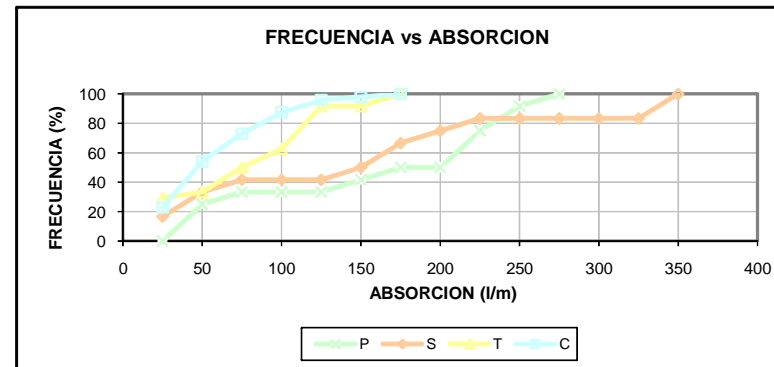
LITOLOGIA	%
Cz	3
Xcz	29
X Czm	48
Xm	20
TOTAL	100

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-3		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores Prom. obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1675
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.46
Exudación (% 2h)	<2.5	2.24

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	253.46	206.80	46.10	168.79
S	249.35	192.33	35.08	158.92
T	102.96	118.95	22.50	81.47
C	91.48	65.86	28.90	62.08
PROMEDIO	134.33	112.99	30.98	92.77



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	116916.41	128958.80	2338.33
A	66380.24	73217.40	1464.35
C	36059.60	39784.80	795.70
TOTAL	219356.25	241961.00	4648.38



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	115192.00	128958.80	11.95
A	57576.96	73217.40	27.16
C	191961.28	39784.80	-79.27
TOTAL	364730.24	241961.10	-33.66

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	128	95	119
A	136	51	87
C	295	23	47
TOTAL	559	169	253

P = Primario  
 S = Secundario  
 T = Terciario  
 C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
 Vmáx = Volumen máxima  
 GIN = Grouting intensity number

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

X<sub>Cz.M</sub> = Esquistó cuarcítico-micáceo  
 X<sub>Cz</sub> (MTV) = Esquistó cuarcítico  
 Xm (C) = Esquistó micáceo  
 Cz = Cuarcita

Tabla 6.4: estadística de absorciones del Sector 3 - plinto izquierdo.

Analizando estos datos se concluye que disminuyeron o se eliminaron los sectores mayores a 100 UL y absorciones mayores a 100 l/m, aunque en los primeros 15 m aun se presentan absorciones moderadamente altas.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, disminuyeron las perforaciones totales en un 14,30%, debido a que la línea C no se extendió hasta la profundidad de diseño por el sellado de la cortina. En la comparación de absorciones existe un ahorro en las líneas B, A y C, lo que significa una reducción en las inyecciones totales del orden del 58,33%.

Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa una reducción significativa del costo de la inyección.

#### **6.2.5. Sector 5**

En este sector se perforaron 2 275,0 m de los 2 739,62 m referenciales y se inyectaron 2 227,89 sacos de cemento equivalentes a 111 394,30 kg. Dando una absorción promedio de 0,98 sacos por metro.

En la tabla 6.6 se indica en forma detallada, para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 5 fue el 35% del valor referencial; las absorciones promedio, en las líneas B, A y C fueron de: 75,35 kg/m en la B; 66,00 kg/m en la A y 26,35 kg/m en la C; el promedio total fue de 55,90 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase ***Moderadamente baja a Moderada***.

En la línea B se inyectaron 230 tramos de los cuales el 59% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 25% de valores fueron mayores a 100 l/m, con un máximo de 716 l/m, restringidas a tramos superficiales de los pozos Primarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 30 m



de profundidad, pero se concentran entre 0 y 12 m.

En la línea A se inyectaron 185 tramos de los cuales el 45% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 19% de valores fueron mayores a 100 l/m, llegando a un máximo de 725 l/m, relacionado con un tramo de un hueco Primario hacia el contacto con el Sector 6. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 21 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 18 m; las áreas de mayor absorción están localizadas hacia el contacto con el Sector 4 y en la parte central.

En la línea C se inyectaron 285 tramos de los cuales el 26% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m, con tan solo 1% de valores mayores a 100 l/m con un máximo de 400 l/m, relacionado con un tramo de un hueco Terciario. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 30 m de profundidad, pero son importantes entre 0 y 9 m.

Del sondeo de comprobación denominado CZX 166,7 ejecutado en la fila C (perfil 6.2) se concluye que:

- Existe aún predominio de rocas altamente fracturadas (11-20 fr/m) y medianamente fracturadas (6-10 fr/m).
- En 14 pruebas de permeabilidad el macizo en un 84% tiene valores de permeabilidad menores a 25 Lu, en la zona cercana al plinto existen dos valores mayores a 50 Lu, los cuales pueden tener relación con escape de agua tras del obturador.
- Las absorciones en un 92% son menores a los 25 l/m, existe un solo valor de 64 l/m, en el tramo de 9-12 m.
- La lechada ha penetrado esporádicamente hasta los 48m de profundidad, rellenando discontinuidades milimétricas.

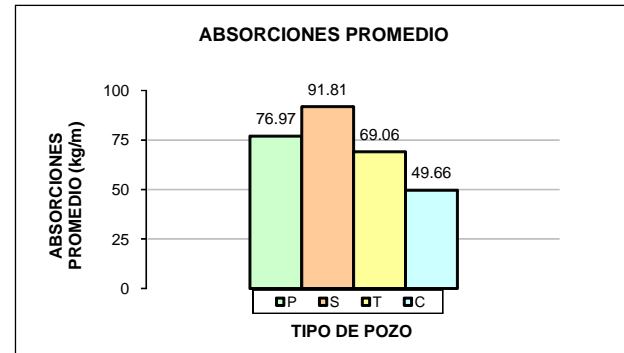
ESTADISTICA DE ABSORCIONES PLINTO IZQUIERDO: SECTOR 4

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	968.00	954.00	-1.45
A	483.84	576.00	19.05
C	1796.14	1253.50	-30.21
TOTAL	3247.98	2783.50	-14.30

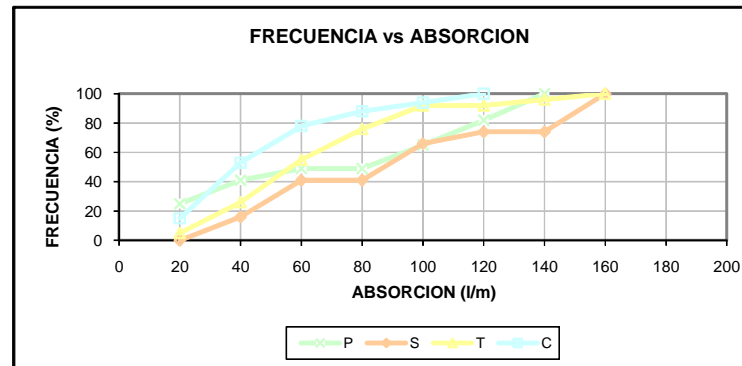
LITOLOGIA	%
Cz	18
Xcz	17
X Czm	47
Xm	18
TOTAL	100

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-4		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores Prom. obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1673
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.73
Exudación (% 2h)	<2.5	2.15

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	82.43	120.93	27.56	76.97
S	105.15	132.59	37.68	91.81
T	84.61	85.05	37.52	69.06
C	71.54	49.61	27.84	49.66
PROMEDIO	85.93	97.05	32.65	71.88



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	69594.00	76729.10	1534.58
A	40599.00	44789.50	895.79
C	35819.60	39547.20	790.94
TOTAL	146012.60	161065.80	3221.32



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	115192.00	76729.10	-33.39
A	57576.96	44789.50	-22.21
C	213740.66	39547.20	-81.50
TOTAL	386509.62	161065.80	-58.33

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	126	24	141
A	103	5	102
C	255	0	67
TOTAL	484	29	310

P = Primario  
 S = Secundario  
 T = Terciario  
 C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
 Vmáx = Volumen máxima  
 GIN = Grouting intensity number

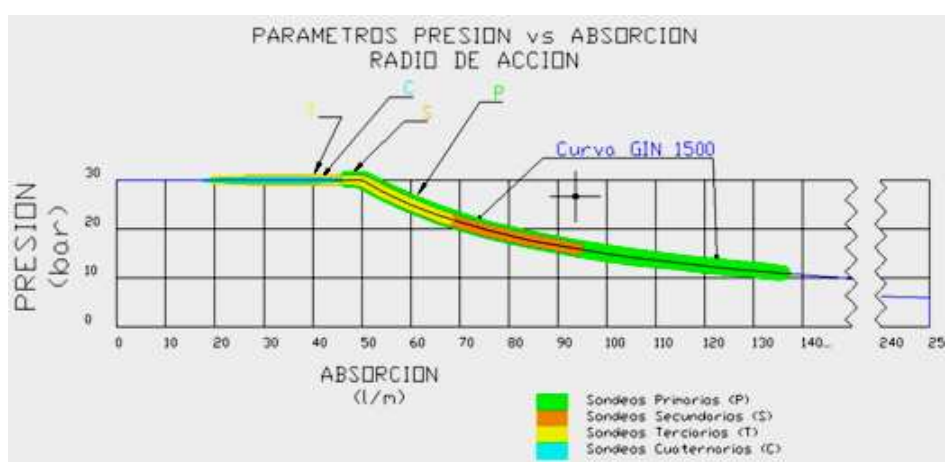
X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
 X<sub>Cz</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
 Xm (Cl) = Esquisto micáceo  
 Cz = Cuarcita

Tabla 6.5: estadística de absorciones del Sector 4 - plinto izquierdo.

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

En la tabla 6.6 se puede ver la relación de la frecuencia de absorción con la absorción y en la figura 6.5 se muestra la presión en función de la absorción (radio de acción), allí se observa que los huecos terciarios y cuaternarios tienen absorciones algo menores con respecto a los secundarios y principales, lo cual significa que en este sector se aplicó correctamente el método GIN.

Además se observa que en los primeros tramos cercanos a la superficie se produce el efecto de consolidación de la roca alterada y fracturada con tomas elevadas.



**Figura 6.5:** gráfico  $P$  vs absorción, se observa la transición de los sondes desde primarios hacia cuaternarios del Sector 5.

De lo anterior se desprende que se eliminaron la mayor parte de los tramos iniciales que tenían permeabilidades mayores a 25 Lu y absorciones mayores a 25 l/m.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, disminuyeron las perforaciones totales en un 16,96%, debido a que las líneas B y C no se extendió la cortina hasta la profundidad de diseño. En la comparación de absorciones existe un ahorro en las líneas B, A y mayormente en la C, lo que significa una reducción en las inyecciones totales del orden del 65,83%.

Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa una reducción muy importante en el costo de la inyección.

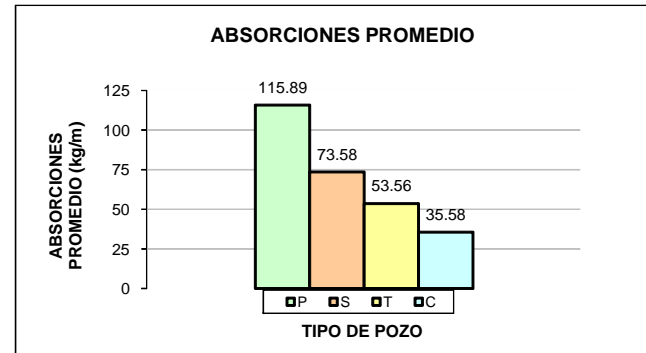
ESTADISTICA DE ABSORCIONES PLINTO IZQUIERDO: SECTOR 5

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	786.50	666.00	-15.32
A	393.19	474.00	20.55
C	1560.00	1135.00	-27.24
TOTAL	2739.69	2275.00	-16.96

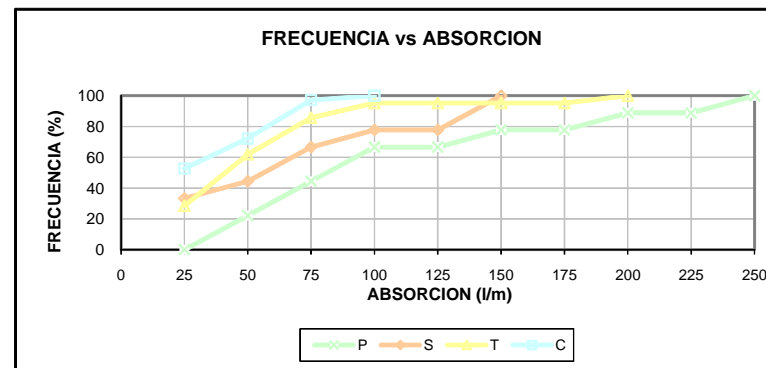
LITOLOGIA	%
Cz	20
Xcz	27
X Czm	31
Xm	22
TOTAL	100

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-5		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores Prom. obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1681
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.9
Exudación (% 2h)	<2.5	2.21

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	145.60	151.70	50.37	115.89
S	105.20	86.70	28.83	73.58
T	63.70	75.80	21.17	53.56
C	51.60	36.10	19.05	35.58
PROMEDIO	75.35	66.00	26.35	55.90



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	45496.19	50182.30	1003.65
A	28945.15	31296.50	625.93
C	27121.94	29915.50	598.31
TOTAL	101563.28	111394.30	2227.89



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	93593.50	50182.30	-46.38
A	46789.61	31296.50	-33.11
C	185640.00	29915.50	-83.89
TOTAL	326023.11	111394.30	-65.83

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	118	10	104
A	113	7	65
C	246	2	50
TOTAL	477	19	219

P = Primario  
 S = Secundario  
 T = Terciario  
 C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
 Vmáx = Volumen máxima  
 GIN = Grouting intensity number

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
 X<sub>CZ</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
 Xm (Cl) = Esquisto micáceo  
 Cz = Cuarcita

Tabla 6.6: estadística de absorciones del Sector 5 - plinto izquierdo.

### 6.2.6. Sector 6

En este sector se perforaron 3 916,70 m de los 3 991,14 m referenciales y se inyectaron 7 638,48 sacos de cemento equivalentes a 381 924,00 kg. Dando una absorción promedio de 1,95 sacos por metro.

En la tabla 6.7 se indica en forma detallada, para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 6 fue el 80% del valor referencial; las absorciones promedio, en las líneas B, A y C fueron de: 142,27 kg/m en la B; 160,52 kg/m en la A y 43.91 kg/m en la C; el promedio fue de 97.55 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase ***Moderadamente baja a Moderadamente alta.***

En la línea B se inyectaron 394 tramos de los cuales el 71% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 53% de valores fueron mayores a 100 l/m, con un máximo de 981 l/m, restringidas a los pozos secundarios y terciarios (dos tramos). Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 30 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 24 m. siendo muy importantes en volumen de 0 a 15 m.

En la línea A se inyectaron 264 tramos de los cuales el 86% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 68% de valores fueron mayores a 100 l/m, llegando a un máximo de 1 148 l/m, relacionados principalmente con los huecos secundarios debido a una posible fuga de lechada. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas y concentradas hasta los 21 m de profundidad.

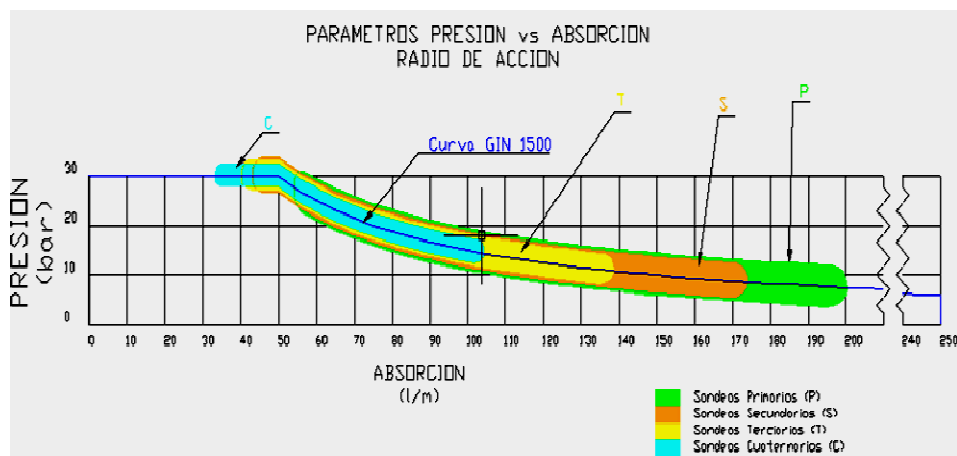
En la línea C se inyectaron 479 tramos de los cuales el 43% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; con 21% de valores menores a 100 l/m. llegando a un máximo de 323 l/m, relacionado principalmente con un hueco

Primario. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas en forma puntual y esporádica hasta los 60 m de profundidad, pero se concentran entre los 0 y 18 m.

Del sondeo de comprobación denominado CZX-196,0 ejecutado en la fila C (perfil 6.3) se concluye que:

- Existe un predominio (74%) de rocas mediana a altamente fracturadas (11-20 fr/m), el 26% restante está representado por rocas fragmentadas (>20 fr/m).
- El macizo en un 85% tiene valores de permeabilidad menores a 5 Lu; con un solo valor de 16 Lu entre 4-6 m de profundidad.
- Las absorciones en 87% son menores a 25 kg/m, con solo dos valores de 32 y 40 kg/m, entre los tramos de 9 a 12 m y de 18 a 21 m, los cuales se consideraban impermeables.
- La lechada ha penetrado hasta los 54 m de profundidad, relleno de fracturas milimétricas.

En la tabla 6.7 se puede ver la relación de la frecuencia de absorción con la absorción y en la figura 6.6 se muestra la presión en función de la absorción (radio de acción), allí se observa que los huecos terciarios y cuaternarios tienen absorciones menores con respecto a los secundarios y principales, lo que significa que en este sector se aplicó correctamente el método GIN, incluyendo la zona superficial de consolidación que en este caso no alteró las estadísticas.



**Figura 6.6:** gráfico  $P$  vs absorción, se observa la transición de los sondes desde primarios hacia cuaternarios del Sector 6.

Analizando estos datos se concluye que se eliminaron los sectores de altas permeabilidades y absorciones mayores a 100 kg/m, aunque esporádicamente todavía se presentan absorciones con valores moderados, seguramente por lavado de relleno durante las pruebas de permeabilidad.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, disminuyeron las perforaciones totales en un 12,87%, aunque la cortina de la fila A se extendió hasta los 18 m por existir una zona meteorizada y fragmentada hacia la superficie. En la comparación de absorciones existe ahorro en las tres líneas del orden de 39,06%, que es más importante en la línea C.

Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa una reducción en importante en el costo de la inyección.

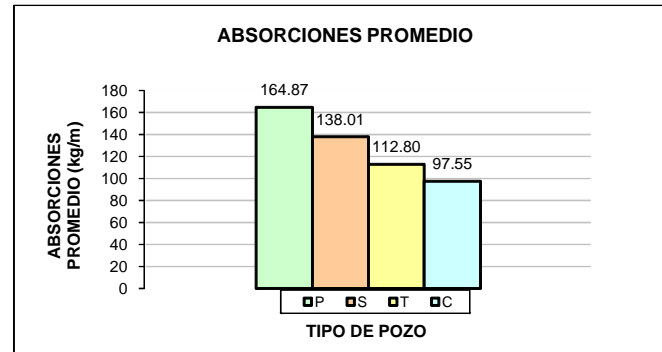
ESTADISTICA DE ABSORCIONES PLINTO IZQUIERDO: SECTOR 6

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	1140.76	1224.00	7.30
A	570.38	768.00	34.65
C	2280.00	1924.70	-15.58
TOTAL	3991.14	3916.70	-1.87

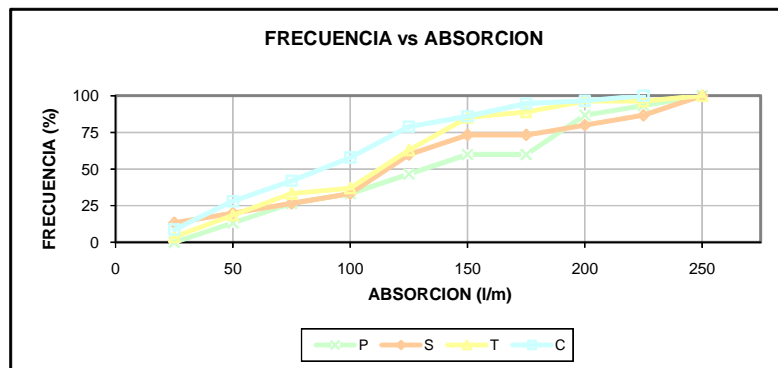
LITOLOGIA	%
Cz	22
Xcz	20
X Czm	28
Xm	30
TOTAL	100

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-6		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores Prom. obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1686
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.81
Exudación (% 2h)	<2.5	1.84

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	213.97	220.96	59.67	164.87
S	174.60	191.77	47.67	138.01
T	141.04	152.95	44.40	112.80
C	115.06	140.92	36.67	97.55
PROMEDIO	142.27	160.52	43.91	115.57



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	157876.70	174138.00	3482.76
A	111767.91	123280.00	2465.60
C	76614.69	84506.00	1690.12
TOTAL	346259.30	381924.00	7638.48



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	135750.44	174138.00	28.28
A	67875.22	123280.00	81.63
C	271320.00	84506.00	-68.85
TOTAL	474945.66	381924.00	-19.59

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	139	70	257
A	72	33	207
C	287	8	139
TOTAL	498	111	603

P = Primario  
 S = Secundario  
 T = Terciario  
 C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
 Vmáx = Volumen máxima  
 GIN = Grouting intensity number

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
 X<sub>CZ</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
 X<sub>m</sub> (CI) = Esquisto micáceo  
 C<sub>Z</sub> = Cuarzita

Tabla 6.7: estadística de absorciones del Sector 6 - plinto izquierdo.



### 6.2.7. Sector 7

En este sector se perforaron 2 657,0 m de los 3 048,17 m referenciales y se inyectaron 4 421,8 sacos de cemento equivalentes a 221 089,0 kg. Dando una absorción promedio de 1,66 sacos por metro.

En la tabla 6.8 se indica en forma detallada, para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 7 fue el 61% del valor referencial; las absorciones promedio, en las líneas B, A y C fueron de: 117,8 kg/m en la B, 93,61 kg/m en la A y 50,98 kg/m en la C; el promedio fue de 87,46 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase ***Moderada a Moderadamente alta***.

En la línea B se inyectaron 312 tramos de los cuales el 68% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 46% de valores fueron mayores a 100 l/m, con un máximo de 1168 l/m, restringida a un solo tramo de un hueco Secundario. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 30 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 21 m.

En la línea A se inyectaron 222 tramos de los cuales el 65% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 35 % de valores fueron mayores a 100 l/m, con un máximo de 600 l/m, restringida a un sólo tramo de un hueco Primario. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 18 m de profundidad, y se concentran de 0 a 18 m hacia el contacto con el Sector 6 y de 0 a 9 m hacia el contacto con el Sector 8.

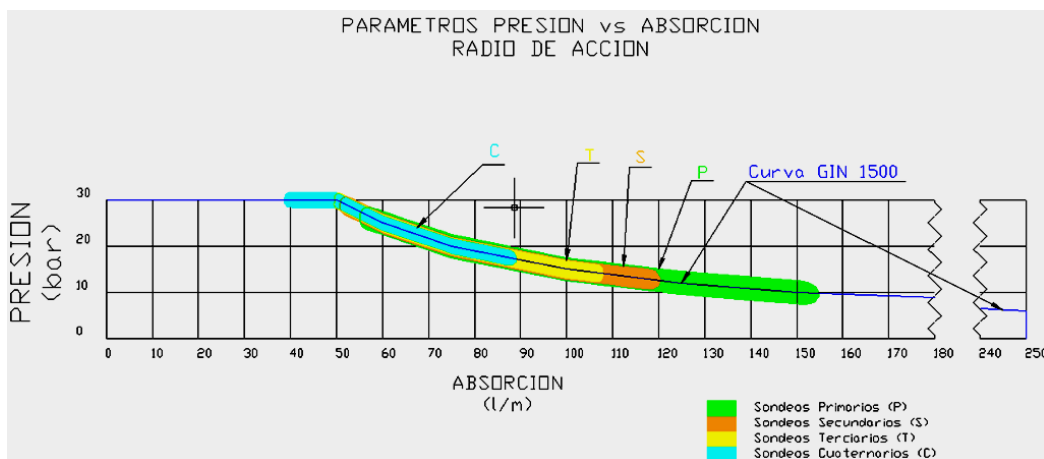
En la línea C se inyectaron 350 tramos de los cuales el 41% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m, con 20% de valores mayores a 100 l/m, llegando a un máximo de 480 l/m, estas tomas están relacionadas con dos tramos de huecos Primarios. Las tomas mayores 25 l/m están distribuidas

hasta los 30 m de profundidad especialmente hacia el contacto con el Sector 6 pero se concentran entre 0 y 15 m.

Del sondeo de comprobación denominado CZX 223,9 ejecutado en la fila C (perfil 6.3) se concluye que:

- Existe aún predominio (72 %) de rocas medianamente fracturadas (6-10 fr/m), con intercalaciones (28%) de rocas altamente fracturadas (11-20 fr/m).
- En 14 pruebas de permeabilidad, el macizo en un 93% tiene valores de permeabilidad menores a 5 Lu, con un sólo valor de 7 Lu entre 36 y 42 m de profundidad.
- Las absorciones predominantes, es decir, el 80% son menores a 50 kg/m, el 20% restante son tres valores menores a 100 kg/m, con un máximo de 82 kg/m en el tramo de 9 a 21 m, que puede relacionarse con hidrogateo.
- La lechada ha penetrado hasta los 54 m de profundidad. Son importantes las absorciones hasta los 18 m de profundidad donde han sellado las fracturas milimétricas a centimétricas.

En la tabla 6.8 se puede ver la relación de la frecuencia de absorción con la absorción y en la figura 6.7 se muestra la presión en función de la absorción (radio de acción), allí se observa que los huecos terciarios y cuaternarios tienen absorciones menores con respecto a los secundarios y principales, lo que significa que en este sector se aplicó correctamente el método GIN, con presiones altas hasta el contacto hormigón-roca.



**Figura 6.7:** gráfico P vs absorción, se observa la transición de los sondeos desde primarios hacia cuaternarios del Sector 7.

De lo anterior se desprende que se eliminaron los tramos iniciales que tenían permeabilidades mayores a 100 Lu y absorciones mayores a 100 kg/m.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, disminuyeron las perforaciones totales en un 1,87%, aunque la cortina de la fila A se extendió hasta los 21 m por existir una zona meteorizada y fragmentada hacia la superficie. En la comparación de absorciones existe un gasto en las líneas B de 28,28% y A de 81,63%; en la línea C se ahorra un 68,85%, lo que significa una reducción en las inyecciones totales del orden del 19,59%.

Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa una reducción en el costo de la inyección.

### 6.2.8. Sector 8

En este sector se perforaron 2 340,0 m de los 3 041,92 m referenciales y se inyectaron 2100,98 sacos de cemento equivalentes a 105 084,6 kg. Dando una absorción promedio de 0,89 sacos por metro.

En la tabla 6.9 se indica en forma detallada, para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y

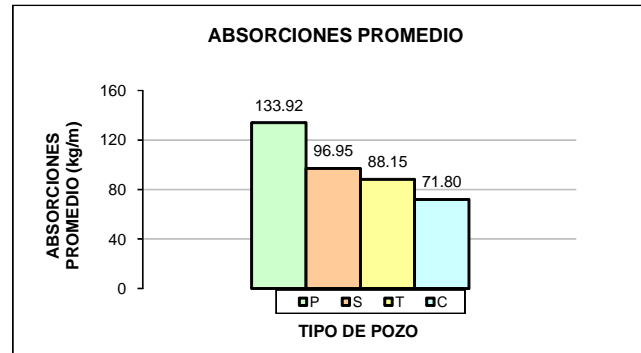
ESTADISTICA DE ABSORCIONES PLINTO IZQUIERDO: SECTOR 7

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	960.64	918.00	-4.44
A	480.33	570.00	18.67
C	1607.91	1169.00	-27.30
<b>TOTAL</b>	<b>3048.88</b>	<b>2657.00</b>	<b>-12.85</b>

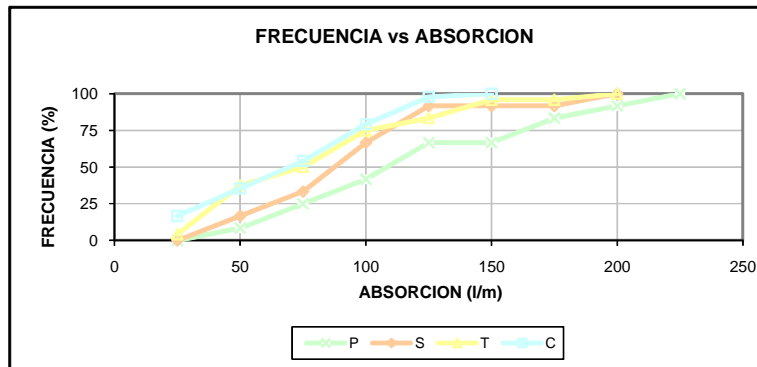
LITOLOGIA	%
Cz	8
Xcz	28
X Czm	42
Xm	22
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-7		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1684
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.78
Exudación (% 2h)	<2.5	2.20

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	174.74	166.00	61.02	133.92
S	132.74	101.94	56.16	96.95
T	119.09	90.69	54.66	88.15
C	98.25	74.48	42.66	71.80
<b>PROMEDIO</b>	<b>117.80</b>	<b>93.61</b>	<b>50.98</b>	<b>87.46</b>



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	98039.90	108138.00	2162.76
A	48373.50	53356.00	1067.17
C	54029.92	59595.00	1191.90
<b>TOTAL</b>	<b>200443.32</b>	<b>221089.00</b>	<b>4421.83</b>



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	114316.16	108138.00	-5.40
A	57159.27	53356.00	-6.65
C	191341.29	59595.00	-68.85
<b>TOTAL</b>	<b>362816.72</b>	<b>221089.00</b>	<b>-39.06</b>

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	156	38	172
A	104	9	118
C	229	8	105
<b>TOTAL</b>	<b>489</b>	<b>55</b>	<b>395</b>

P = Primario  
 S = Secundario  
 T = Terciario  
 C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
 Vmáx = Volumen máxima  
 GIN = Grouting intensity number

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
 X<sub>CZ</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
 X<sub>m</sub> (CI) = Esquisto micáceo  
 C<sub>Z</sub> = Cuarcita

**Tabla 6.8:** estadística de absorciones del Sector 7 - plinto izquierdo.

las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 8 fue el 29% del valor referencial; las absorciones promedio, en las líneas B, A y C fueron de: 71,70 kg/m en la B, 43,47 kg/m en la A y 26,82 kg/m en la C; el promedio fue de 47,33 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase **Moderada a Moderadamente baja**.

En la línea B se inyectaron 301 tramos de los cuales el 48% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 24% de valores fueron mayores a 100 l/m, con un máximo de 500 l/m, restringidas a dos tramos de huecos Terciarios y Cuaternarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 30 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 12 m, llegando en la parte central hasta los 18 m.

En la línea A se inyectaron 192 tramos de los cuales el 41% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 11% de valores fueron mayores a 100 l/m, con un máximo de 350 l/m, restringido a un tramo de un hueco Primario. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 12 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 9 m.

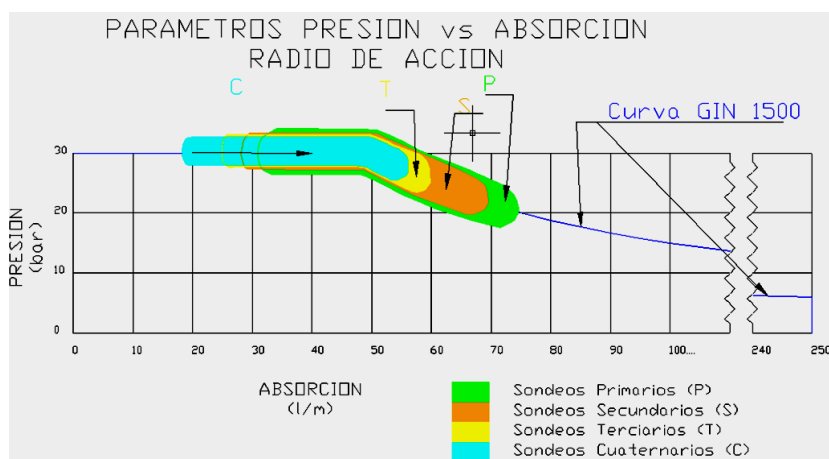
En la línea C se inyectaron 300 tramos de los cuales el 31% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m, con 6% de valores mayores a 100 l/m, llegando a un máximo de 250 l/m, relacionadas con dos tramos de los huecos Cuaternarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 12 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 9 m.

Del sondeo de comprobación denominado CZX 264,2 ejecutado en la fila C (perfil 6.3) se concluye que:

- Existe un predominio (83%) de rocas mediana a ligeramente fracturadas (10-1 fr/m), con intercalaciones (17%) de rocas altamente fracturadas (11-20 fr/m).

- En 12 pruebas de permeabilidad, el macizo en un 75% tiene valores de permeabilidad menores a 5 Lu, con 25% entre 5 y 25 Lu.
- Las absorciones predominantes, es decir en 77% son menores a 25 kg/m, con tres valores mayores a 25 kg/m, y un máximo de 36 kg/m.
- La lechada ha penetrado hasta los 50 m de profundidad, pero son importantes las absorciones hasta los 12 m de profundidad donde han sellado las fracturas milimétricas.

En la tabla 6.9 se puede ver la relación de la frecuencia de absorción con la absorción y en la figura 6.8 se muestra la presión en función de la absorción (radio de acción), donde se observa que los huecos terciarios y cuaternarios tienen puntuales absorciones ligeramente mayores con respecto a los primarios y secundarios, debido a que se ha inyectado a presiones elevadas, por la presencia de fisuras finas.



**Figura 6.8:** gráfico  $P$  vs *absorción*, se observa la transición de los sondeos desde primarios hacia cuaternarios del Sector 8.

De lo anterior se puede decir que se eliminaron la mayor parte de los tramos iniciales que tenían permeabilidades mayores a 100 Lu y absorciones mayores a 100 l/m.

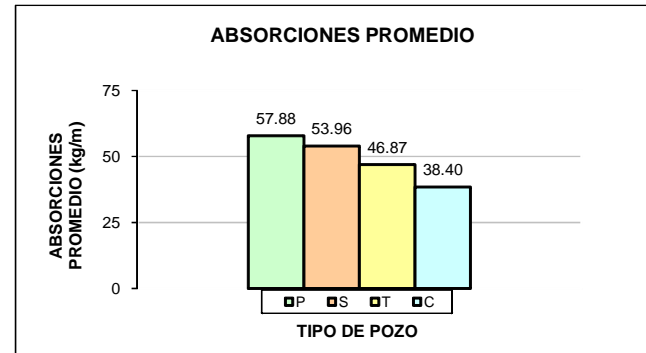
ESTADISTICA DE ABSORCIONES PLINTO IZQUIERDO: SECTOR 8

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	960.53	828.00	-13.80
A	480.33	489.00	1.81
C	1600.99	1023.00	-36.10
TOTAL	3041.85	2340.00	-23.07

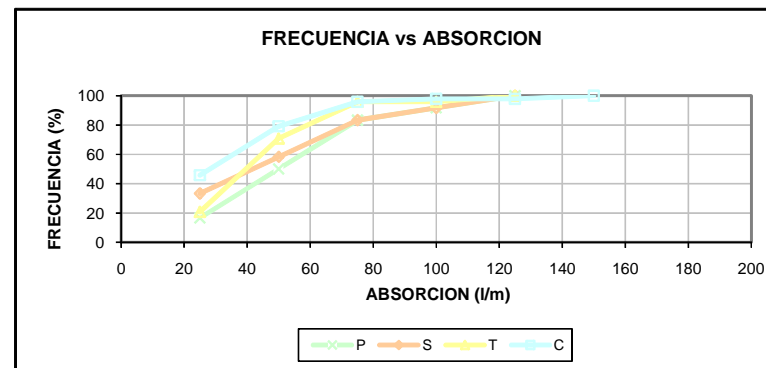
LITOLOGIA	%
Cz	2
Xcz	7
X Czm	50
Xm	41
TOTAL	100

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-8		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores Prom. obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1679
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.85
Exudación (% 2h)	<2.5	2.04

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	82.35	57.19	34.09	57.88
S	76.70	54.22	30.97	53.96
T	65.95	47.19	27.46	46.87
C	61.78	33.29	20.12	38.40
PROMEDIO	71.70	43.47	26.82	47.33



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	51086.50	56384.40	1126.97
A	19273.25	21258.40	425.17
C	24879.20	27441.80	548.84
TOTAL	95238.95	105084.60	2100.98



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	PROPUESTO	EJECUTADO	% (+/-)
B	114303.07	56384.40	-50.67
A	57159.27	21258.40	-62.81
C	190517.64	27441.80	-85.60
TOTAL	361979.98	105084.60	-70.97

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	163	21	88
A	122	0	56
C	241	0	59
TOTAL	526	21	203

P = Primario  
 S = Secundario  
 T = Terciario  
 C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
 Vmáx = Volumen máxima  
 GIN = Grouting intensity number

X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
 X<sub>CZ</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
 Xm (Cl) = Esquisto micáceo  
 Cz = Cuarcita

**Tabla 6.9:** estadística de absorciones del Sector 8 - plinto izquierdo.

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, disminuyeron las perforaciones totales en un 23,07%, aunque la cortina de la fila A se extendió hasta los 18 m por existir una zona meteorizada y fragmentada hacia la superficie. En la comparación de absorciones existe un ahorro en las tres líneas con un promedio del orden de 70,91%.

Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa una reducción muy importante en el costo de la inyección.

### 6.2.9. Sector 9

En este sector se perforaron 2 270,0 m de los 3 041,92 m referenciales y se inyectaron 1 559,36 sacos de cemento equivalentes a 77 967,40 kg. Dando una absorción promedio de 0,69 sacos por metro.

En la tabla 6.10 se indica en forma detallada, para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 9 fue el 22% de lo presupuestado; las absorciones promedio, en las líneas B, A y C fueron de: 48,82 kg/m en la B, 39,96 kg/m en la A y 21,93 kg/m en la C; el promedio fue de 36,90 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase ***Baja a Moderadamente baja.***

En la línea B se inyectaron 264 tramos de los cuales el 46% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos el 14% de valores fueron mayores a 100 l/m, con un máximo de 250 l/m, restringidas a pozos Primarios, Secundarios y Terciarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 30 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 12 m.

En la línea A se inyectaron 180 tramos de los cuales el 41% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 8% de valores fueron mayores a



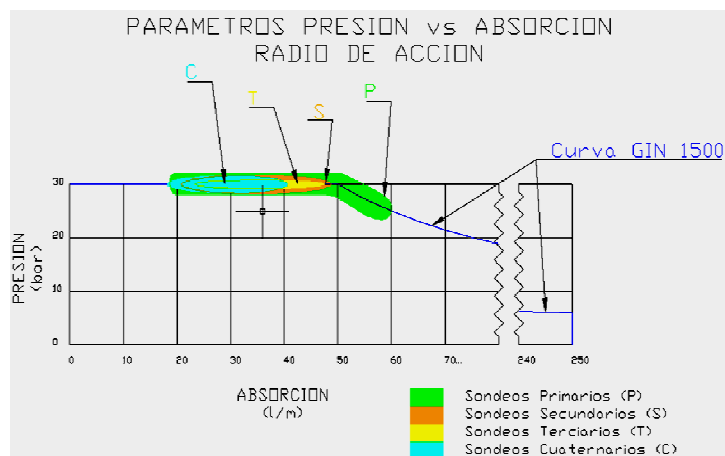
100 l/m, con un máximo de 250 l/m, restringidas a pozos Primarios y Cuaternarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 15 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 9 m

En la línea C se inyectaron 326 tramos de los cuales el 27% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m, con 4% de valores mayores a 100 l/m, llegando a un máximo de 139 l/m, relacionados con los pozos Primarios, Secundarios y Terciarios. Las absorciones mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 30 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 9 m.

Del sondeo de comprobación denominado CZX 277,4 ejecutado en la fila C (perfil 6.4) se concluye que:

- Existe un predominio (100%) de rocas mediana a ligeramente fracturadas (10-1 fr/m).
- En 13 pruebas de permeabilidad el macizo en un 80% tiene valores de permeabilidades menores a 5 Lu, aunque en el tramo superior existen tres valores más altos pero con mínima absorción.
- Las absorciones predominantes, es decir el 94% son menores a 25 kg/m, con un valor máximo de 37 kg/m, bajo el plinto.
- La lechada ha penetrado esporádicamente hasta los 60 m de profundidad, pero son importantes la absorciones hasta los 30 m de profundidad donde ha penetrado en las fracturas milimétricas.

En la tabla 6.10 se puede ver la relación de la frecuencia de absorción con la absorción y en la figura 6.9 se muestra la presión en función de la absorción (radio de acción), donde se observa que los huecos terciarios y cuaternarios tienen puntuales absorciones ligeramente mayores con respecto a los primarios y secundarios, debido a que se ha inyectado a presiones elevadas, por la presencia de fisuras finas.



**Figura 6.9:** gráfico *P vs absorción*, se observa la transición de los sondeos desde primarios hacia cuaternarios del Sector 9.

De lo anterior se desprende que se eliminaron la mayor parte de los intervalos iniciales que tenían permeabilidades mayores a 100 Lu y absorciones mayores a 100 Lu y absorciones mayores a 100 kg/m.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, disminuyeron las perforaciones totales en un 7,99%. En la comparación de absorciones existe un ahorro en las tres líneas con un promedio de 72,95%.

Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa una reducción muy importante en el costo de la inyección.

#### 6.2.10. Sector 10

En este sector se perforaron 1 548,0 m de los 1 682,48 m referenciales y se inyectaron 1 083,02 sacos de cemento equivalentes a 54 150,9 kg. Dando una absorción promedio de 0,7 sacos por metro.

En la tabla 6.11 se indica en forma detallada, para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

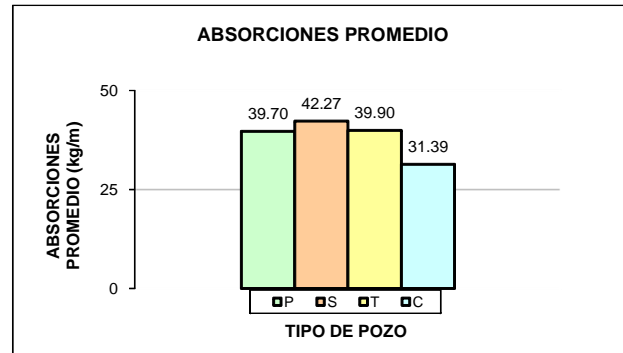
ESTADISTICA DE ABSORCIONES PLINTO IZQUIERDO: SECTOR 9

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	960.64	765.00	-20.37
A	480.32	447.00	-6.94
C	1600.96	1058.00	-33.91
TOTAL	3041.92	2270.00	-25.38

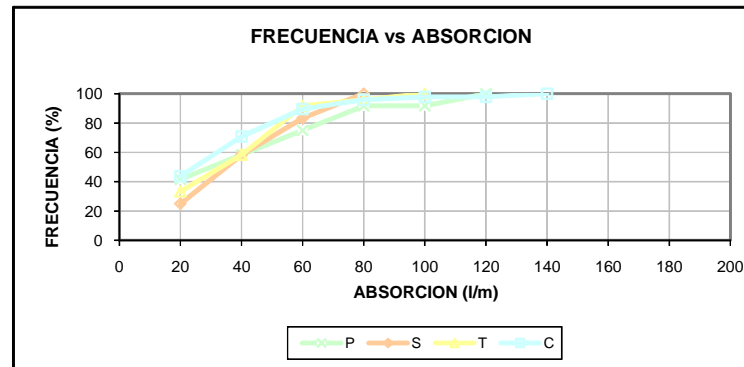
LITOLOGIA	%
Cz	3
Xcz	15
X Czm	60
Xm	22
TOTAL	100

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-9		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores Prom. obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	28
Densidad (g/l)	1650-1700	1685
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.64
Exudación (% 2h)	<2.5	2.41

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	62.29	36.30	20.52	39.70
S	53.74	50.18	22.90	42.27
T	41.68	52.34	25.70	39.90
C	44.77	29.29	20.10	31.39
PROMEDIO	48.82	39.96	21.93	36.90



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	33860.30	37347.90	746.96
A	15790.75	17417.20	348.34
C	21035.70	23202.30	464.06
TOTAL	70686.75	77967.40	1559.36



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	114316.16	37347.90	-67.33
A	57158.08	17417.20	-69.53
C	190514.24	23202.30	-87.82
TOTAL	361988.48	77967.40	-78.46

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	163	21	88
A	125	2	49
C	271	0	49
TOTAL	559	23	186

P = Primario  
S = Secundario  
T = Terciario  
C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
Vmáx = Volumen máxima  
GIN = Grouting intensity number

X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
X<sub>CZ</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
X<sub>m</sub> (Cl) = Esquisto micáceo  
C<sub>Z</sub> = Cuarcita

Tabla 6.10: estadística de absorciones del Sector 9 - plinto izquierdo.

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 10 fue el 27% de la cantidad referencial; las absorciones promedio, en las líneas B, A y C fueron de: 39,25 kg/m en la B, 49,16 kg/m en la A y 20,37 kg/m en la C; el promedio fue de 49,16 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase ***Moderadamente baja***.

En la línea B se inyectaron 215 tramos de los cuales el 40% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 18% de valores fueron mayores a 100 l/m, con un máximo de 250 l/m, restringidas a los pozos Primarios, Secundarios y Terciarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 15 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 12 m.

En la línea A se inyectaron 151 tramos de los cuales el 40% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 11% de valores fueron mayores a 100 l/m, llegando a un máximo de 250 l/m, relacionados principalmente con los huecos Secundarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 18 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 12 m.

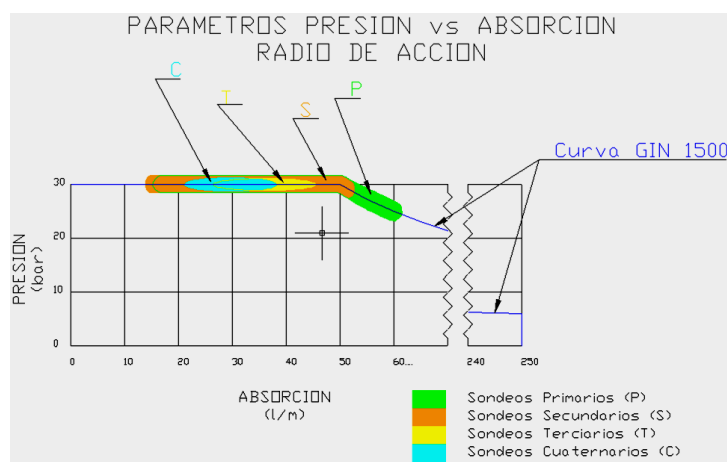
En la línea C se inyectaron 179 tramos de los cuales solo el 19% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m, con un máximo de 161 l/m, relacionados con huecos Primarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 15 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 12 m.

Del sondeo de comprobación denominado CZX 309,6 ejecutado en la fila C (perfil 6.4) se concluye que:

- Existe un predominio (89%) de rocas medianamente fracturadas (5-10 fr/m) con algunos tramos (11%) altamente fracturados (11-20 fr/m).
- En 14 pruebas de permeabilidad el macizo en un 85% tiene valores de permeabilidad menores a 25 Lu, el 15% restante (2 tramos) tiene valores mayores 25 Lu en la parte cercana a la superficie.
- Las absorciones en un 100% son menores a los 50 kg/m, con un valor máximo de 44 kg/m, bajo el plinto.
- La lechada ha penetrado esporádicamente hasta los 30 m de

profundidad, rellenando discontinuidades milimétricas.

En la tabla 6.11 se puede ver la relación de la frecuencia de absorción con la absorción y en la figura 6.10 se muestra la presión en función de la absorción (radio de acción), se puede observar que los huecos terciarios de las líneas B y C tienen absorciones algo mayores con respecto a los secundarios, debido a que se inyectó a elevadas presiones y se tuvo absorciones relativamente bajas en todos los sondeos.



**Figura 6.10:** gráfico *P vs absorción*, se observa la transición de los sondeos desde primarios hacia cuaternarios del Sector 10.

De lo anterior se desprende que se eliminaron casi todos los tramos iniciales que tenían permeabilidades mayores a 100 Lu y absorciones mayores a 50 l/m.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, disminuyeron las perforaciones totales en un 25,38%. En la comparación de absorciones existe un ahorro en las tres líneas del orden de 78,46%.

Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa una reducción muy importante en el costo de la inyección.

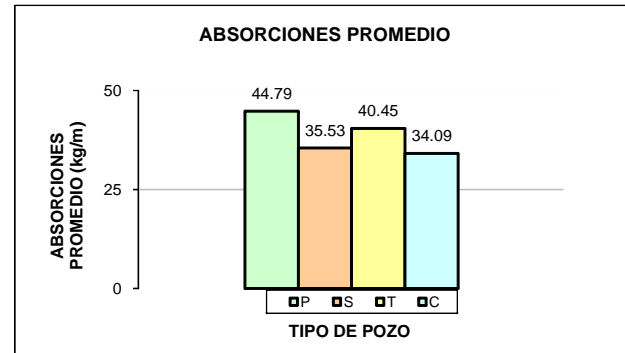
ESTADISTICA DE ABSORCIONES PLINTO IZQUIERDO: SECTOR 10

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	720.88	609.00	-15.52
A	361.32	381.00	5.45
C	600.28	558.00	-7.04
TOTAL	1682.48	1548.00	-7.99

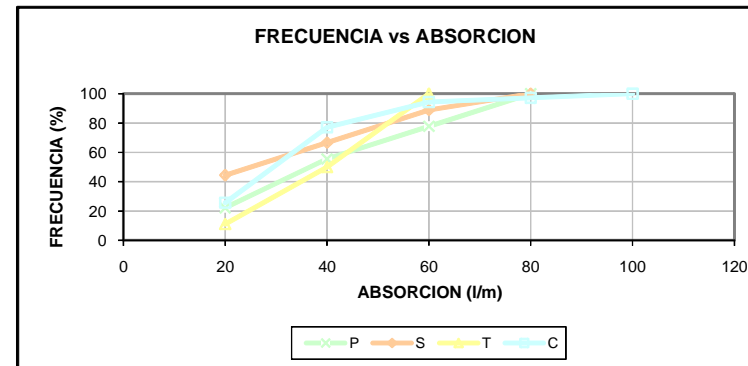
LITOLOGIA	%
Cz	6
Xcz	6
X Czm	67
Xm	21
TOTAL	100

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-10		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores Prom. obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1675
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.75
Exudación (% 2h)	<2.5	2.30

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	49.76	67.82	16.79	44.79
S	33.19	58.08	15.31	35.53
T	40.93	50.21	30.22	40.45
C	36.62	42.11	23.55	34.09
PROMEDIO	39.25	49.56	20.37	38.70



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	21669.63	23901.60	478.03
A	17118.95	18882.20	377.64
C	10305.62	11367.10	227.34
TOTAL	49094.20	54150.90	1083.02



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	85748.72	23901.60	-72.13
A	42997.08	18882.20	-56.08
C	71433.32	11367.10	-84.09
TOTAL	200179.12	54150.90	-72.95

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	138	2	53
A	80	1	47
C	133	0	26
TOTAL	351	3	126

P = Primario  
 S = Secundario  
 T = Terciario  
 C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
 Vmáx = Volumen máxima  
 GIN = Grouting intensity number

X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
 X<sub>CZ</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
 Xm (Cl) = Esquisto micáceo  
 Cz = Cuarzita

Tabla 6.11: estadística de absorciones del Sector 10 - plinto izquierdo.

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

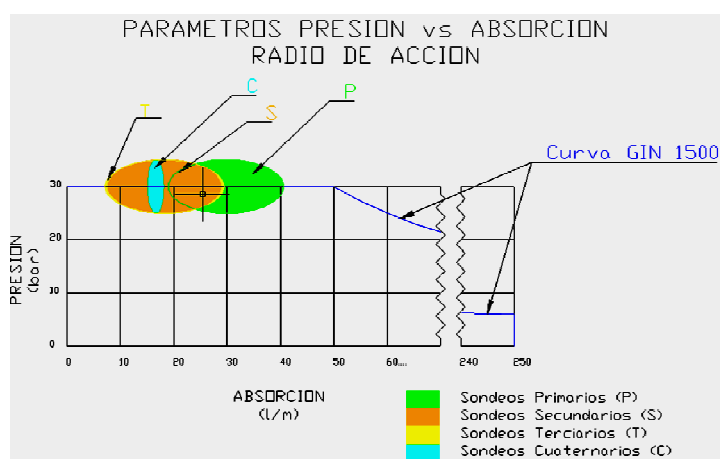
### 6.2.11. Sector 11

En este sector se perforaron 2 098,5 m de los 3 509,59 m referenciales y se inyectaron 922,23 sacos de cemento equivalentes a 46 115,5 kg. Dando un promedio de absorción de 0,47 sacos por metro.

En la tabla 6.12 se indica en forma detallada, para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 11 fue el 11% del valor referencial; las absorciones promedio, en las líneas B, A y C fueron de: 28,99 kg/m en la B, 22,02 kg/m en la A y 12,87 kg/m en la C; el promedio total fue de 23,39 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase **Baja**.

En la tabla 6.12 se puede ver la relación de la frecuencia de absorción con la absorción. Se observa que los huecos terciarios y cuaternarios (figura 6.11) tienen absorciones algo mayores con respecto a los secundarios y principales, lo cual se puede explicar por las mismas razones expuestas para el Sector 4.



**Figura 6.11:** gráfico *P vs absorción*, se observa la transición de los sondeos desde primarios hacia cuaternarios del Sector 11.

Del sondeo de comprobación denominado CZX 325,5 ejecutado en la fila C (perfil 6.4) se concluye que:

- Existe un predominio (100%) de rocas ligeramente a medianamente fracturadas (1-10 fr/m).
- El macizo en un 81% tiene valores de permeabilidad menores a 5 Lu, el 19% restante (se trata de un solo dato) tiene valores aislados de hasta 36 Lu en la parte cercana a la superficie, formando una ventana dentro del resto de valores bajos.
- Las absorciones en un 100% son menores a los 25 kg/m.
- La lechada ha penetrado esporádicamente hasta los 30m de profundidad.

De lo anterior se desprende que se eliminaron los tramos iniciales que tenían permeabilidades de hasta 100 UL y absorciones de lechada mayores a 100 l/m.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, disminuyeron las perforaciones totales en un 40,14%, debido a la litología y a la ubicación de este sector. En la comparación de absorciones existe un ahorro en las líneas B, A y C, lo que significa una reducción en las inyecciones totales en promedio del orden del 88,95%.

Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa una reducción muy importante en el costo de la inyección.



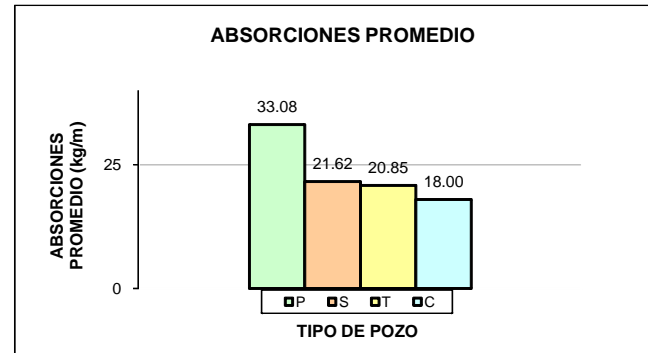
ESTADISTICA DE ABSORCIONES PLINTO IZQUIERDO: SECTOR 11

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	1092.03	915.00	-16.21
A	546.16	525.00	-3.87
C	1867.40	658.50	-64.74
TOTAL	3505.59	2098.50	-40.14

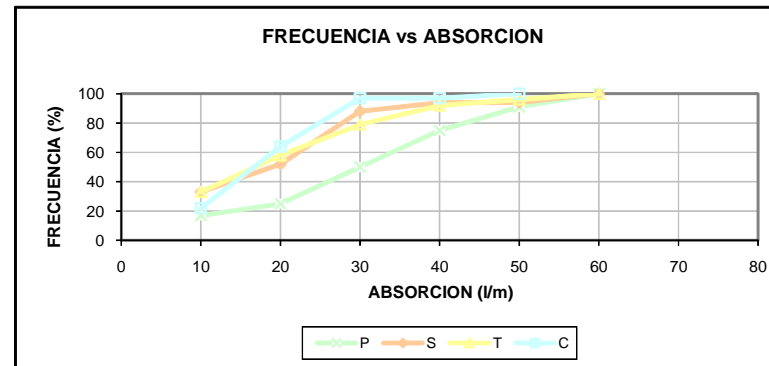
LITOLOGIA	%
Cz	18
Xcz	17
X Czm	47
Xm	18
TOTAL	100

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-11		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores Prom. obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	28
Densidad (g/l)	1650-1700	1672
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.96
Exudación (% 2h)	<2.5	2.32

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	44.78	33.51	20.96	33.08
S	31.92	24.47	8.46	21.62
T	32.51	22.13	7.90	20.85
C	20.01	17.24	16.76	18.00
PROMEDIO	32.31	24.34	13.52	23.39



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	23635.00	26074.80	521.50
A	10478.00	11558.90	231.18
C	7685.00	8477.60	169.55
TOTAL	41798.00	46111.30	922.23



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	129951.57	26074.80	-79.93
A	64993.04	11558.90	-82.22
C	222220.60	8477.60	-96.19
TOTAL	417165.21	46111.30	-88.95

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	232	0	69
A	161	0	29
C	161	0	15
TOTAL	554	0	113

P = Primario  
 S = Secundario  
 T = Terciario  
 C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
 Vmáx = Volumen máxima  
 GIN = Grouting intensity number

X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
 X<sub>CZ</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
 Xm (Cl) = Esquisto micáceo  
 Cz = Cuarzita

**Tabla 6.12:** estadística de absorciones del Sector 11 - plinto izquierdo.

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

## 6.2.12. Sector 12

En este sector se perforaron 1 867,0 m de los 2 730,2 m referenciales y se inyectaron 556,36 sacos de cemento, equivalentes a 27 818,0 kg. Dando un promedio de absorción de 0,35 sacos por metro.

En la tabla 6.13 se indica en forma detallada, para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

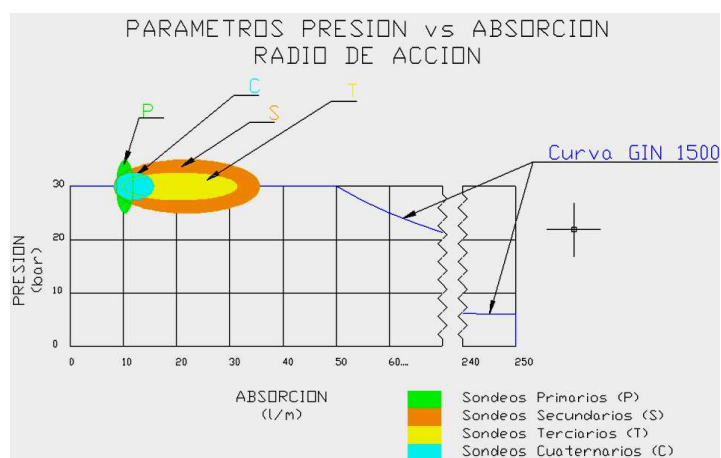
En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 12 fue el 8% del valor referencial; las absorciones promedio, en las líneas B, A y C fueron de: 10,56 kg/m en la B, 31,93 kg/m en la A y 10,86 kg/m en la C; el promedio total fue de 17,62 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase ***Baja a Moderadamente baja***.

En la tabla 6.13 se puede ver la relación de la frecuencia de absorción con la absorción. Se observa claramente que los huecos terciarios y cuaternarios son aún importantes (figura 6.12), lo cual se puede explicar por una o varias razones:

- En este sector no se aplicó aún de forma correcta el método GIN, ya que según especificaciones iniciales las presiones eran bajas para los tramos cercanos a la superficie.
- Según las especificaciones los huecos secundarios son obligatorios, transformándose en primarios con menor espaciamiento.
- En el sector existe un nivel freático alto, prácticamente a nivel del plinto, que perjudicó el comportamiento de la lechada seleccionada sobre todo en los huecos primarios y secundarios y afectaron principalmente los primeros tramos inyectados, es decir, los más profundos.
- En el sector existen rocas metamórficas impermeables, pero, con facilidades para descomprimirse y con fracturas latentes, sobre todo en la cercanía a la superficie a lo que se suma la compleja disposición

estructural.

- Las absorciones son relativamente bajas, como para diferenciar el comportamiento de los baricentros.
- En los primeros metros cercanos a la superficie se produce el efecto de consolidación de la roca alterada y fracturada, con toma elevada y sin comportamiento previsible.



**Figura 6.12:** gráfico  $P$  vs *absorción*, se observa la transición de los sondeos desde primarios hacia cuaternarios del Sector 12.

Del sondeo de control denominado CZX 376,5, ejecutado en la fila C (perfil 6.5) se concluye que:

- Existe un predominio de las rocas ligeramente fracturadas (1-5 fr/m), con discontinuidades cerradas.
- El macizo en un 73% tiene valores de permeabilidad menores a 5 Lu, el 27% restante tiene ventanas con valores que varían de 5 a 50 Lu.
- Las absorciones son menores a los 50 kg/m, predominando las menores a 25 kg/m.
- La lechada ha penetrado hasta los 54m de profundidad, pero se concentra entre 0 y 9m.

De lo anterior se desprende que con los trabajos de inyección se eliminaron los tramos iniciales que tenían permeabilidades mayores a 50 Lu y absorciones de

lechada mayores a 50 l/m.

Debido a las condiciones de inyección, ese y los dos sectores tratados a continuación tienen sus particularidades, aunque las condiciones de la roca permiten decir que se pudo impermeabilizar el macizo.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, disminuyeron las perforaciones totales en un 31,60%, debido a la litología y a la ubicación de este sector. En la comparación de absorciones existe un ahorro en las líneas B, A y C, lo que significa una reducción en las inyecciones totales en promedio del orden del 91,46%. Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa una reducción muy importante en el costo de la inyección.

### **6.2.13. Sector 13**

En este sector se perforaron 1 968,6 m de los 3 452 m referenciales y se inyectaron 698,49 sacos de cemento, equivalentes a 34 924,5 kg. Dando un promedio de absorción de 0,40 sacos por metro.

En la tabla 6.14 se indica en forma detallada, para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 10 fue el 9% de la cantidad referencial; las absorciones promedio, en las líneas B, A, y C fueron de: 14,44 kg/m en la B, 31,93 kg/m en la A y 10,86 kg/m en la C; el promedio total fue de 19,06 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase ***Baja a Moderadamente baja***.

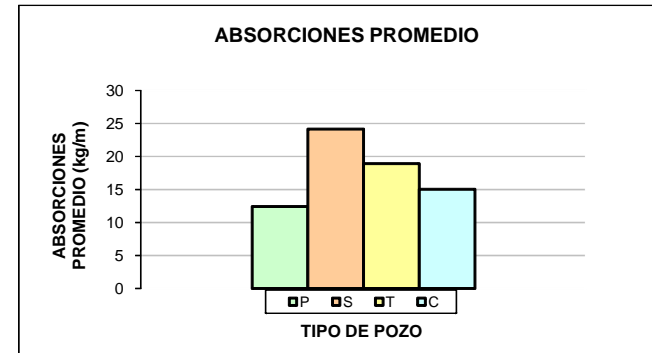
ESTADISTICA DE ABSORCIONES TALON DE LA PRESA: SECTOR 12

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	780.2	595.0	-23.7
A	450.0	468.0	4.0
C	1500.0	804.0	-46.4
TOTAL	2730.2	1867.0	-31.6

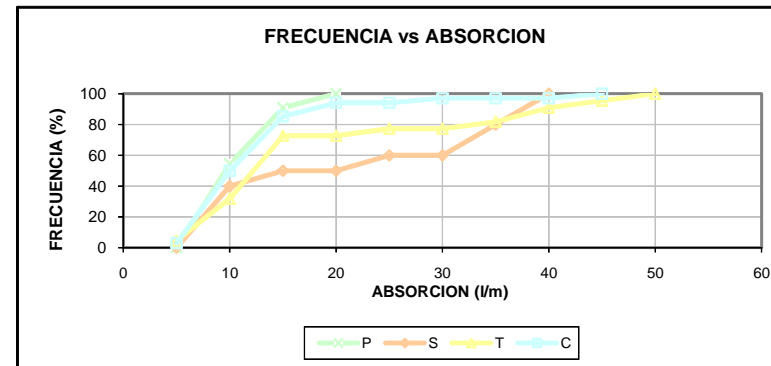
LITOLOGIA	%
Cz	6
Xcz	17
X Czm	62
Xm	15
TOTAL	100

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-12		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores Prom. obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1669
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.67
Exudación (% 2h)	<2.5	1.99

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	13.03	14.47	9.69	12.40
S	9.05	39.32	24.10	24.16
T	10.84	34.65	11.27	18.92
C	9.33	17.24	18.50	15.02
PROMEDIO	10.56	26.42	15.89	17.62



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	5572.00	6151.60	123.03
A	10323.00	11367.40	227.35
C	9343.00	10300.00	206.00
TOTAL	25238.00	27819.00	556.38



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	93843.80	6151.60	-93.44
A	53550.00	11367.40	-78.77
C	178500.00	10300.00	-94.23
TOTAL	325893.80	27819.00	-91.46

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	154	1	
A	142		27
C	207		9
TOTAL	503	1	36

P = Primario  
 S = Secundario  
 T = Terciario  
 C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
 Vmáx = Volumen máxima  
 GIN = Grouting intensity number

X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
 X<sub>CZ</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
 Xm (Cl) = Esquisto micáceo  
 Cz = Cuarzita

**Tabla 6.13:** estadística de absorciones del Sector 12 - plinto izquierdo.

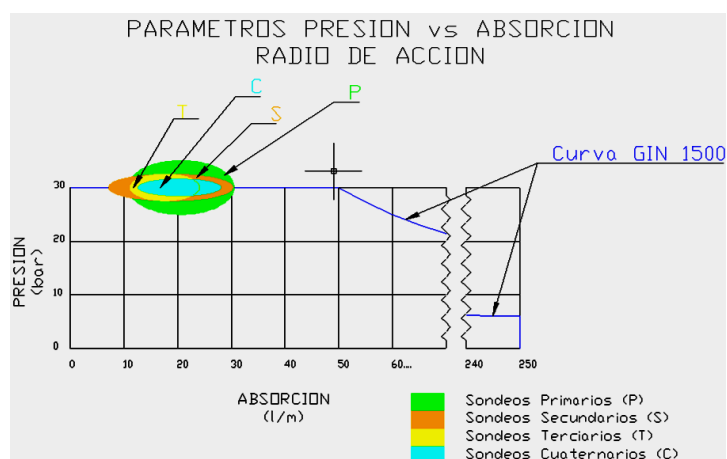
NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

En la línea B se inyectaron 243 tramos de los cuales solo el 13% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 1% de valores mayores a 100 l/m, con un máximo de 127 l/m, restringidos a pozos Primarios, Secundarios y Terciarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 24 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 18 m.

En la línea A se inyectaron 205 tramos de los cuales el 30% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 29% de valores mayores a 100 l/m, llegando a un máximo de 280 l/m, relacionados principalmente con los huecos Terciarios y Cuaternarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 15 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 9 m.

En la línea C se inyectaron 208 tramos de los cuales solo el 12% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m, con un máximo de 127 l/m, relacionado con un hueco Primario. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 24 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 9 m.

En la tabla 6.14, se ve la figura que relaciona la frecuencia de absorción con la absorción, y se puede observar que los huecos cuaternarios son aún importantes (figura 6.13), lo cual se puede explicar por las razones expuestas para el Sector 12.



**Figura 6.13:** gráfico P vs absorción, se observa la transición de los sondeos desde primarios hacia cuaternarios del Sector 13.

Del sondeo de comprobación denominado CZX 396,3 ejecutado en la fila C

(perfil 6.6) se concluye que:

- Existe un predominio (92%) de rocas sanas a ligeramente fracturadas (1-5 fr/m), con 8% de rocas medianamente fracturadas.
- El macizo en un 100% tiene valores de permeabilidad menores a 5 Lu.
- Las absorciones son menores a los 25 kg/m, predominando las menores a 5 kg/m.
- La lechada ha penetrado hasta los 50m de profundidad, pero se concentra en los primeros metros.

En base a este análisis se demuestra que se eliminaron los tramos iniciales que tenían permeabilidades mayores a 5 UL y absorciones de lechada mayores a 25 l/m.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, disminuyeron las perforaciones totales promedio en un 42,97%, debido a la litología y a la ubicación de este sector. En la comparación de absorciones existe un ahorro en las líneas B, A y C, lo que significa una reducción en las inyecciones totales en promedio del orden del 91,50%. Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa una reducción muy importante en el costo de la inyección.

#### **6.2.14. Sector 14**

En este sector se perforaron 1 982,63 m de los 3 536,44 m referenciales y se inyectaron 547,71 sacos de cemento equivalentes a 27 385,5 kg. Dando un promedio de absorción de 0,30 sacos por metro.

En la tabla 6.15 se indica en forma detallada, para cada una de las líneas, la cantidad de metros perforados; el consumo total de kilogramos de cemento y las absorciones totales por metro. Todas estas cantidades están comparadas con los valores referenciales del diseño.

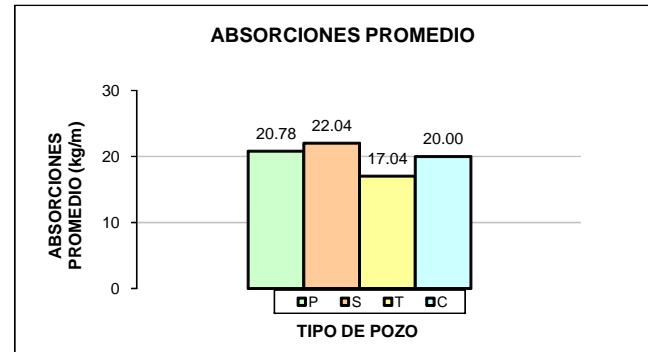
ESTADÍSTICA DE ABSORCIONES TALON DE LA PRESA: SECTOR 13

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	1096.58	769.50	-29.83
A	543.03	513.00	-5.53
C	1812.30	686.10	-62.14
TOTAL	3451.91	1968.60	-42.97

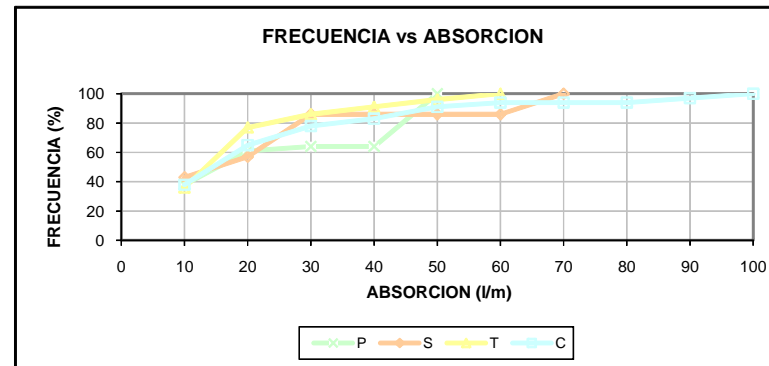
LITOLOGIA	%
Cz	8
Xcz	13
X Czm	66
Xm	13
TOTAL	100

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-13		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores Prom. obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1670
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.97
Exudación (% 2h)	<2.5	1.81

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	16.85	33.63	11.85	20.78
S	16.11	42.25	7.76	22.04
T	12.26	26.51	12.36	17.04
C	13.93	30.91	15.16	20.00
PROMEDIO	14.79	33.33	11.78	19.97



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	10054.00	11090.00	221.80
A	14844.00	16379.80	327.60
C	6775.00	7454.50	149.09
TOTAL	31673.00	34924.30	698.49



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	130493.02	11090.00	-91.50
A	64620.57	16379.80	-74.65
C	215663.70	7454.50	-96.54
TOTAL	410777.29	34924.30	-91.50

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	243	0	3
A	154	2	37
C	182	0	10
TOTAL	579	2	50

P = Primario  
 S = Secundario  
 T = Terciario  
 C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
 Vmáx = Volumen máxima  
 GIN = Grouting intensity number

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
 X<sub>CZ</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
 Xm (Cl) = Esquisto micáceo  
 Cz = Cuarzita

Tabla 6.14: estadística de absorciones del Sector 13 - plinto izquierdo.



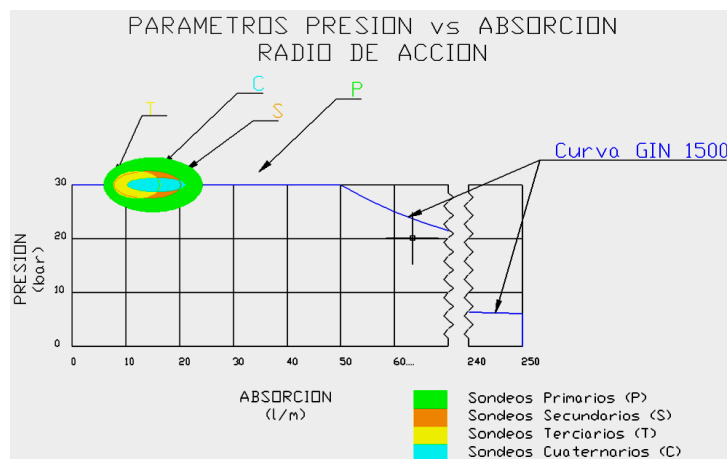
En esta tabla puede apreciarse que la absorción total para el Sector 10 fue el 7% de la cantidad referencial; las absorciones promedio, en las líneas B, A y C fueron de: 13,88 kg/m en la B, 22,17 kg/m en la A y 8,79 kg/m en la C; el promedio total fue de 14,95 kg/m. Según Deere (1982), las absorciones son de clase **Baja**.

En la línea B se inyectaron 234 tramos de los cuales solo el 20% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 1% de valores fueron mayores a 50 l/m, con un máximo de 86 l/m, restringidos a pozos Primarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 24 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 18m.

En la línea A se inyectaron 173 tramos de los cuales el 19% tuvieron absorciones mayores a 25 l/m; de estos, el 20% de valores fueron mayores a 100 l/m, llegando a un máximo de 250 l/m, relacionados principalmente con huecos Secundarios, Terciarios y Cuaternarios. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 18 m de profundidad, pero se concentran entre 0 y 6 m.

En la línea C se inyectaron 186 tramos de los cuales solo el 9% tuvieron absorciones menores 50 l/m. Las tomas mayores a 25 l/m están distribuidas hasta los 24 m de profundidad, pero se concentran en los primeros metros del extremo oriental.

En la tabla 6.15, se ve la figura que relaciona la frecuencia de absorción con la absorción se puede observar que los huecos cuaternarios tienen absorciones poco significativas con respecto al terciario, secundario y primarios (figura 6.14), lo cual se puede explicar por las razones expuestas para el sector 12 y 13.



**Figura 6.14:** gráfico *P vs absorción*, se observa la transición de los sondeos desde primarios hacia cuaternarios del Sector 14.

Del sondeo de comprobación denominado CZX 407,9 ejecutado en la fila C (perfil 6.5) se concluye que:

- Existe un predominio (100%) de rocas ligeramente a medianamente fracturadas (1-10 fr/m).
- El macizo en un 100% tiene valores de permeabilidad menores a 5 Lu.
- Las absorciones son menores a los 25 kg/m.
- La lechada ha penetrado hasta los 54m de profundidad, pero se concentra entre los 0 y 21 m.

De lo anterior se desprende que los trabajos de inyección eliminaron los valores de permeabilidad mayores a 25 Lu y absorciones de lechada mayores a 50 l/m.

En cuanto a la comparación entre valores referenciales y ejecutados, disminuyeron las perforaciones totales promedio en un 43,94%, debido a la litología y a la ubicación de este sector. En la comparación de absorciones existe un ahorro en las líneas B, A y C, lo que significa una reducción en las inyecciones totales en promedio del orden del 93,49%. Este valor de porcentaje en la cantidad inyectada representa una reducción muy importante en el costo de la inyección.

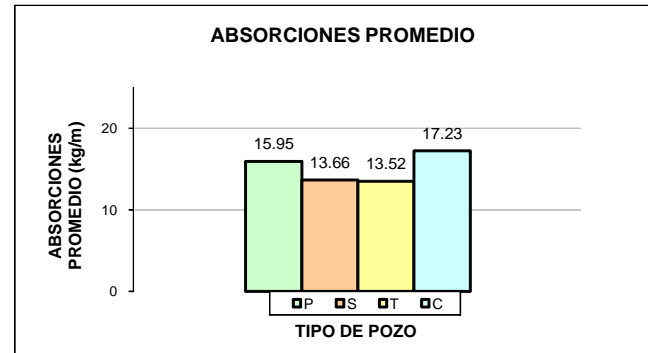
ESTADISTICA DE ABSORCIONES TALON DE LA PRESA: SECTOR 14

LINEA	METROS DE PERFORACION		
	REFERENCIAL	EJECUTADOS	% (+/-)
B	1178.20	844.23	-28.35
A	553.84	423.00	-23.62
C	1804.40	715.40	-60.35
TOTAL	3536.44	1982.63	-43.94

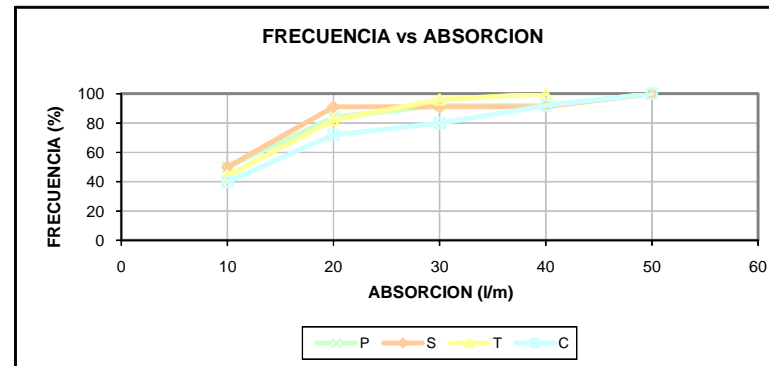
LITOLOGIA	%
Cz	18
Xcz	17
X Czm	47
Xm	18
TOTAL	100

CARACTERÍSTICAS DE LECHADA S-14		
Parámetro Referencia	Rango Valores	Valores Prom. obtenidos
Viscosidad(s)	26-31	29
Densidad (g/l)	1650-1700	1670
Cohesión (Pa)	2.5-9.5	4.65
Exudación (% 2h)	<2.5	2.50

SONDEO	ABSORCIONES PROMEDIO (kg/m)			
	LINEA B	LINEA A	LINEA C	PROMEDIO
P	14.59	26.70	6.57	15.95
S	8.70	22.43	9.85	13.66
T	14.15	17.87	8.53	13.52
C	17.02	23.25	11.42	17.23
PROMEDIO	13.62	22.56	9.09	15.09



LINEA	CONSUMO TOTAL		
	(l)	(kg)	SACOS (50 kg)
B	10588.00	11713.80	234.28
A	8519.00	9378.50	187.57
C	5702.00	6293.00	125.86
TOTAL	24809.00	27385.30	547.71



LINEA	COMPARACION ABSORCION (kg)		
	REFERENCIAL	EJECUTADO	% (+/-)
B	140205.80	11713.80	-91.65
A	65906.96	9378.50	-85.77
C	214723.60	6293.00	-97.07
TOTAL	420836.36	27385.30	-93.49

LINEA	TIPO DE PARADA		
	Pmax	Vmax	GIN
B	227	0	5
A	140	4	22
C	195	0	0
TOTAL	562	4	27

P = Primario  
 S = Secundario  
 T = Terciario  
 C = Cuaternario

Pmáx = Presión máxima  
 Vmáx = Volumen máxima  
 GIN = Grouting intensity number

X<sub>CZ-M</sub> = Esquisto cuarcítico-micáceo  
 X<sub>CZ</sub> (MTV) = Esquisto cuarcítico  
 Xm (Cl) = Esquisto micáceo  
 Cz = Cuarcita

Tabla 6.15: estadística de absorciones del Sector 14 - plinto izquierdo.

NOTA: Absorción de diseño 119 kg/m (2.38 sacos/m)

### 6.3. COSTO DE LA INYECCIÓN

Como se mostró en los numerales anteriores, existe para todos los sectores un ahorro en el costo de la perforación e inyección utilizando el Método GIN. A continuación se busca cuantificar el valor real del ahorro, usando un valor referencial para el kilogramo de cemento inyectado.

Estos valores se presentan en la tabla 6.16:

SECTOR	INYECCIONES REFERENCIALES (kg)	COSTO INYECCIÓN REFERENCIAL (USD)	AHORRO INYECCIÓN (%)	AHORRO INYECCIÓN (USD)
Sector 1	374087.21	546167.33	21.22	115896.71
Sector 2	362165.79	528762.05	31.48	166454.29
Sector 3	364730.24	532506.15	33.66	179241.57
Sector 4	386509.62	564304.05	58.33	329158.55
Sector 5	326023.11	475993.74	65.83	313346.68
Sector 6	474945.66	693420.66	19.59	135841.11
Sector 7	362816.72	529712.41	39.06	206905.67
Sector 8	361979.98	528490.77	70.97	375069.90
Sector 9	361988.48	528503.18	78.46	414663.60
Sector 10	200179.12	292261.52	72.95	213204.78
Sector 11	417165.21	609061.21	88.95	541759.94
Sector 12	325893.80	475804.95	91.46	435171.21
Sector 13	410777.29	599734.84	91.50	548757.38
Sector 14	420836.36	614421.09	93.49	574422.27
<b>TOTAL</b>	<b>5150098.59</b>	<b>7519143.94</b>		<b>4549893.65</b>

<b>COSTO PERFORACIÓN (USD/m)</b>	110.38
<b>COSTO INYECCIÓN (USD/kg)</b>	1.46

FUENTE : CGM

**Tabla 6.16:** estimación del ahorro en USD con la utilización del Método GIN de Inyecciones para el Proyecto Hidroeléctrico Mazar.

A partir de esta tabla, se puede decir que el ahorro en inyecciones es superior al 60%. Se comprueba de esta forma que ejecutando este método se evitan gastos innecesarios para obtener los resultados deseados, ya que anteriormente se comprobó que se puede reducir significativamente el valor de permeabilidad y mejorar de esta forma las condiciones del macizo.

## CAPÍTULO 7

### 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De la información geológica regional y local se puede concluir que las rocas en las que se encuentra emplazado el Proyecto Mazar, que son rocas metamórficas pertenecientes a la Cordillera Real, tienen características de rocas masivas, que pueden ser intervenidas mediante métodos convencionales de inyección en rocas, con el objetivo de mejorar sus condiciones geomecánicas y de permeabilidad, y servir como base para el establecimiento de una presa CFRD.

- Los parámetros fundamentales concernientes a las características del macizo, tales como: litología; tipos de discontinuidades: su orientación y condiciones geotécnicas; el perfil de meteorización; condiciones hidrogeológicas, etc., que fueron encontrados en el área de implantación del proyecto, junto con las condiciones hidráulicas de la presa y geométricas del plinto, son la base principal para el correcto diseño de la cortina de inyección.

- Del punto anterior se puede decir que a partir de estos datos se tiene que las condiciones geomecánicas y estructurales de la roca delimitan la profundidad de impermeabilización y la orientación de las perforaciones. La persistencia y abertura de las discontinuidades determinan en parte las características y dosificaciones de las lechadas.

- Luego de realizar el análisis de los parámetros, tienen mucho que definir las condiciones hidráulicas y geometría del plinto, sobretodo esta última, ya que permite o no que sea posible ejecutar el diseño óptimo de la cortina al ser la superficie de inyección, y también por formar parte fundamental de la estructura misma de la presa. Lo que limita el radio de acción en cuanto a la ubicación correcta de las perforaciones.

- La separación definida de ~7 m entre huecos primarios, supone un diseño óptimo para evitar que se den gastos adicionales importantes, y se sobrecargue al macizo.
- Mantener la curva GIN inicial de 1500, durante todo el proceso de inyecciones, fue una decisión adecuada si se toma en cuenta los resultados fundamentalmente de sectores con permeabilidades altas iniciales, que fueron reducidas a lo largo de toda la cortina. Además de haber evitado los desplazamientos superficiales del plinto, hidrofracturación y se limitó el hidrogateo.
- Al seguir la secuencia de inyección desde sondeos primarios hasta cuaternarios, fue posible inyectar discontinuidades de mayor a menor diámetro, cumpliendo con la premisa que estos sondeos finales sirven para sellar las fisuras más finas. Esto se corrobora en la tendencia general para todos los sectores, en los que la absorción promedio disminuye desde los sondeos primarios hacia los sondeos cuaternarios. Y se observa también en las tablas de tipo de parada.
- La razón por la que a veces fue necesario realizar varias inyecciones en el mismo tramo utilizando lechadas más densas se debió a la presencia de zonas puntuales de horizontes muy alterados y zonas con arcilla, roca muy descompuesta o zonas de cizalla, como las encontradas durante el mapeo superficial del plinto, y en galerías de investigación en etapas iniciales del proyecto. Sin embargo, se puede decir que la dosificación y el control posterior de la misma, fueron correctos.
- El macizo fue consolidado e impermeabilizado inicialmente con elevadas tomas en los sondeos de la línea aguas abajo, hasta la profundidad donde la roca está fracturada y meteorizada (~30 m). La línea aguas arriba fue alargada también para inyectar esta zona del macizo. Los resultados obtenidos fueron los esperados.

- Si bien se tienen absorciones definidas en general de clase ***Moderadamente alta*** o inferiores, el gasto de lechada se da en la parte superior a media del estribo izquierdo, lo que se concluye se corresponde con los datos obtenidos en etapas de investigación.
  
- Por la comparación entre valores referenciales y ejecutados, se desprende que en general se redujo el gasto previsto en perforaciones, y si se incrementó en algunos fue debido a que se trató de llegar al horizonte de meteorización. En cambio, en todos los sectores se tiene un recorte en el gasto de inyecciones, también con la tendencia de mayor ahorro desde la parte superior hacia la inferior del plinto. Es importante mencionar que en promedio las inyecciones se redujeron en un 60% aproximadamente.
  
- Sabiendo que no existe un método absoluto de inyecciones, y que a veces es necesario hacer una combinación con otros métodos, con el objetivo principal de cerrar las discontinuidades presentes en la roca. Lo anteriormente expuesto permite que se pueda recomendar la aplicación del método GIN de inyecciones, teniendo como base un conocimiento previo a fondo de las características del macizo a intervenir.
  
- Para una correcta ejecución y control de las labores de inyección, utilizando cualquier método o particularmente el método GIN, es necesario el uso de un equipo humano capacitado que utilice equipo moderno y tecnologías avanzadas, con el fin de evitar al máximo errores que afecten el objetivo final esperado.

**CAPÍTULO 8****8. BIBLIOGRAFÍA**

Aisiks, E. G., Giuliani, F. L., Tipping, E. D., Vardé, O. A., 1991. Remedial works at El Chocón dam. Transaction 17th ICOLD Congress, Vienna 1991, Q.65, R.67, Vol.II, p. 1211-1230.

Aspden, J. A., and Litherland, M., 1992. The geology and Mesozoic collisional history of the Cordillera Real, Ecuador. Tectonophysics, v. 205, p. 187 - 204.

BALDOCK, W., 1982. Geología del Ecuador, Boletín de Explicación del Mapa Geológico del Ecuador a 1:1000000, *D.G.G.M.* ed. Quito, Ecuador. 66 p.

BGS (British Geological Survey)-CODIGEM, 1997a, Mapa geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 2°S - 3°S: Dirección Nacional de Geología, Quito, Ecuador, escala 1:200 000, 1 hoja.

BGS (British Geological Survey)-CODIGEM, 1997b, Mapa geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 1°S - 2°S: Dirección Nacional de Geología, Quito, Ecuador, escala 1:200 000, 1 hoja.

Bristow, C. R., and Hoffstetter, R., 1977. Lexique Stratigraphique International (2<sup>nd</sup> ed.). Centre National de la Recherche Scientifique, París. Amérique Latine Fascicule 5a , Ecuador, 410 p.

Bruce, D. A., and Joyce, G. M., 1983. Slabjacking at Tarbela Dam, Pakistan. *Ground Engrg.* 16 (3), 35-39.

Bruet, F., 1949. Les enclaves des laves des volcans de Quito, République de l'Equateur. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, XIX, 4-6. p. 477-491.

De Mets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F., Stein, S., 1990. Current plate motions. *Geophysics Journal International*, v. 101, p. 425-478.



Deere, D. U., 1982. Cement-bentonite grouting. Grouting in Geotechnical Engineering. Proceedings of Conference sponsored by the Geotechnical Engineering Division, ASCE, New Orleans, p. 279-300.

Deere, D. U., Lombardi, G. 1985. Grout slurries - Thick or thin ?. Issues in Dam Grouting, Proceedings of the session sponsored by the Geotechnical Engineering Division of the American Society of Civil Engineers in conjunction with the ASCE, Convention in Denver, Colorado, April 1985.

Ego, F., Sebrier, M., Lavenu, A., Yepes, H., Egüez, A., 1993. Quaternary state of stress in the northern Andes and the restraining bend model for the Ecuadorian Andes. Second ISAG, Oxford (UK), extended abstract, p. 89-92.

Ego, F., Sebrier, M., Lavenu, A., Yepes, H., Egüez, A., 1996. Quaternary state of stress in the northern Andes and the restraining bend model for the Ecuadorian Andes. Tectonophysics, v. 259, p.101-116.

Egüez, A., Aspden, J., 1993. The Meso-Cenozoic Evolution of the Ecuadorian Andes. Mem. Second International Symposium Andean Geodynamics. Ext. Abstract, Oxford, UK. p. 179-181.

Egüez A., Yepes H., Alvarado A., 1998. Active Fault and Fold Map of Ecuador. Part of the International Lithospheric Program's Task Group II-2, World Map of Active Faults. Escala 1:1,250.000.

Electrowatt, M. Columbus, Salzgitter / Adec, Higgeco, Idco, Integral (1982), *"Informe de factibilidad, Tomo III, Geología, Materiales de construcción y Topografía"*.

Electrowatt, M. Columbus, Salzgitter / Adec, Higgeco, Idco, Integral (1982), *"Selección de alternativas, Tomo III, Geología y Topografía"*.

Electrowatt, M. Columbus, Salzgitter / Adec, Higgeco, Idco, Integral (1984), *"Informe final, Diseños Definitivos. Anexo H, Planos – Geología"*.

Electrowatt, M. Columbus, Salzgitter / Adec, Higgeco, Idco, Integral (1984), *"Informe geológico para el grupo consultivo. CONSULTORES MAZAR"*.

Ewert, F. K., 1985. Rock grouting with emphasis on dam sites. Springer-Verlag, Berlín, Germany.

Ewert, F. K., 2003. Discussion of rock type related criteria for curtain grouting. Proceedings of the third international conference on grouting and ground improvement, ASCE special publication, No. 120.

Feininger, T., Seguin, M., 1983. Simple Bouger gravity anomaly field and the inferred crustal structure of continental Ecuador: *Geology*, v. 11, p. 40 – 44.

Gutscher, M. A., Malavieille, J., Lallemand, S., Collot, J. Y., 1999. Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 168, p. 255 - 270.

Houlsby, A. C., 1976. Routine interpretation of the Lugeon water test. *Quarterly j. Engrg. Geology* 9(4), p. 303-313.

Houlsby, A. C., 1982. Optimum Water:Cement ratios for rock grouting. *Grouting in geotechnical engineering*. ASCE, New York. p. 317-331.

Houlsby, A. C., 1990. Construction and design of cement grouting, a guide to grouting in rock foundations. John Wiley and Sons. New York. 442 p.

Hughes, R. A., and Pilatasig, L. F., 2002. Cretaceous and Tertiary terrain accretion in the Cordillera Occidental of the Ecuadorian Andes. *Tectonophysics*, v. 345, p. 29 - 48.

INECEL & Consultores (1991), "Estudio de alternativas de la presa Mazar, Tomo IV: Volumen 6: Apéndice 3: Geología y Geotecnia".

INECEL (1996), *"Informe final, Descripción general y características de las obras del proyecto"*.

INECEL (1996), *"Informe final, Geotecnia, Anexo 4"*.

INECEL (1996), *"Informe final, Geología. Anexo 3"*.

INECEL (1997), *"Fenómenos de inestabilidad, mapas de fenómenos y de peligrosidad"*.

INECEL (1997), *"Informe de perforaciones y ensayos para la inyección de cemento"*.

INECEL (1998), *"Resultados de la prospección sísmica y eléctrica en el sector del vertedero y subestación"*.

INECEL (1998), *"Evaluación de la sedimentación inducida por el embalse Mazar y los fenómenos de inestabilidad en las laderas"* (Documento interno).

Kellogg, J., N., Bonini, W., 1982. Subduction of Caribbean Plate and basement uplifts in the overriding South America Plate. *Tectonics*, v. 1(3): p. 251-276.

Kellogg, J. N., Bonini, W. E., 1985. Reply of a comment of C. Schubert on "Subduction of Caribbean Plate and basement uplift in the overriding South America Plate" by Kellow & Bonini. *Tectonics*, v. 1(3); p. 251-276.

Kellogg, J. N., and Vega, V., 1995. Tectonic development of Panama, Costa Rica, and the Colombian Andes: constraints from Global Positioning System geodetic studies and gravity, *in* Mann, P., ed., *Geologic and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America: Geological Society of America Special Paper*, no. 295, p. 75-90.

Kerr, A. C., Aspden, J. A., Tarney, J., Pilatasig, L. F., 2002. The nature and provenance of accreted oceanic terrains in western Ecuador geochemical and tectonic constraints. *Journal of the Geological Society of London*, v. 159, p. 577 - 594.

Lebrat, M., Megard, F., Dupuy, C., and Dostal, J., 1987. Geochemistry and tectonic setting of pre-collisional Cretaceous and Paleogene volcanic rocks of Ecuador. *Geological Society of America Bulletin*, v. 99, p. 469–578.

Litherland, M., 1988. Second annual report (1987-1988) of the Cordillera Real Geological Research Project, Ecuador. Open-File Report of The British Geological Survey, Keyworth (in English) and of INEMIN. Quito, 346 p.

Litherland, M., Aspden, J., and Jemielita, R. A., 1994. The metamorphic belts of Ecuador. Nottingham, British Geological Survey, Overseas Memoir No.11, 147 p.

Littejohn, G. S., 1992. Report on session 2: Consolidation grouting. Grouting in the ground, Conference proceedings. Institution of civil engineers, London. p. 183-192.

Lombardi, G., 1985. The role of cohesion in cement grouting of rock. ICOLD, CIGB, Quinzième congrès des Grands Barrages, Lausanne, Q.58 R.13, p. 235-261.

Lombardi, G., and Deere, D. 1993. Grouting design and control using the gin principle. *Water power & dam construction*. p. 15-22.

Lombardi, G., 1999. Grouting of rock with cement mixes. ICOLD Symposium Dam Foundations: Problems and Solutions Antalya, Turkey. September 1999.

Lombardi, G., 2003. Grouting of rock masses. Third international Conference on grouting treatment. *Geotechnical Special Publication N° 120*. p. 164-197.

Lonsdale., 1978. Ecuadorian Subduction System. *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.* 62, 2454-5477.

Mamberti, M., Lapierre, H., Bosch, D., Jaillard, E., Ethien, R., Hernandez, J., and Polvé, M., 2003. Accreted fragments of the Late Cretaceous Caribbean – Colombian Plateau in Ecuador. *Lithos*, v. 66, p. 173 - 199.

Mora, H., Kellogg, J. N., Freymuller, J. T., Dixon, T. H., Leffler, L., 1995. Tectonics of northwestern South America, CASA GPS measurements. *EOS*. April 25, T21A3.

Norabuena, E. O., Dixon, T. H., Stein, S., Harrison, C. G. A., 1999. Decelerating Nazca-South America and Nazca-Pacific plate motions. *Geophysical Research Letters*, v. 26, p. 3405-3408.

Pardo-Casas, F., and Molnar, P., 1987. Relative motion of the Nazca (Farallon) and South America plate since late Cretaceous time: *Tectonics*, v. 6, p. 233–248.

Pennington, W., 1981. Subduction of the Eastern Panama Basin and Seismotectonic of Northwestern South America. *Journal Geophysics Research*, v. 86, No. B11, p. 10753-10770.

Reynaud, C., Jaillard, E., Lapierre, H., Mamberti, M., Mascle, G., 1999. Oceanic plateau and island arcs of southwestern Ecuador: their place in the geodynamic evolution of northwestern South America. *Tectonophysics* v. 307, p. 235-254.

Spikings, R., Winkler, W., Seward, D., Handler, R., 2001. Along-strike variations in the thermal and tectonic response of the continental Ecuadorian Andes to the collision with heterogeneous oceanic crust. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 186, p. 57–73.

Steinmann, M., 1997. The Cuenca basin of southern Ecuador: tectono-sedimentary history and the Tertiary Andean evolution. Doctoral Thesis.

Institute of Geology ETH Zurich, Switzerland. 125 p.

SWECO & BOTCONSULT., 1998. "*Proyecto Hidroeléctrico Mazar, Informe Fina, Capítulo 6: Geología y Geotecnia*". 82 p.

Tsao, F. T., 2008. Mejora de suelos con la técnica de JET GROUTING.

Vaca, W., 2005. Sedimentología, Petrología y Tectónica de las secuencias cretácicas entre Ingapirca y Pindilig, provincia del Cañar. Tesis de Grado, EPN, Quito, Ecuador.

Villagómez, D., 2003. Evolución geológica Plio – Cuaternaria del Valle Interandino Central en Ecuador (Zona de Quito Guayllabamba – San Antonio). Tesis de Grado, EPN, Quito, Ecuador, 134 p.

Warner, J., 1992. Compaction grout: Rheology vs. Effectiveness. In grouting, soil improvement and geosynthetics. ASCE, Geotechnical Special Publication. New York, No. 30, p. 229-239.

Weaver, K. D., and Bruce, D. A., 2007. Dam Foundation Grouting, revised and expanded ed. ASCE press. 473 p.

Welsch, J. P., and Burke, G. K., 1991. Jet Grouting – Uses For Soil Improvement. Proc. Geotechnical Engineering Congress 1991, GSP No. 27. Boulder, CO, p. 334-345.

Winkler, W., Spikings, R., Villagómez, D., Egüez, A., Abegglen, P., Tobler, S., 2002. The Chota Basin and its significance for the formation of the Inter - Andean Valley in Ecuador. Fourth ISAG, Toulouse - France. p. 705 - 708.

Wolf, T., 1892. Geografía y geología del Ecuador.

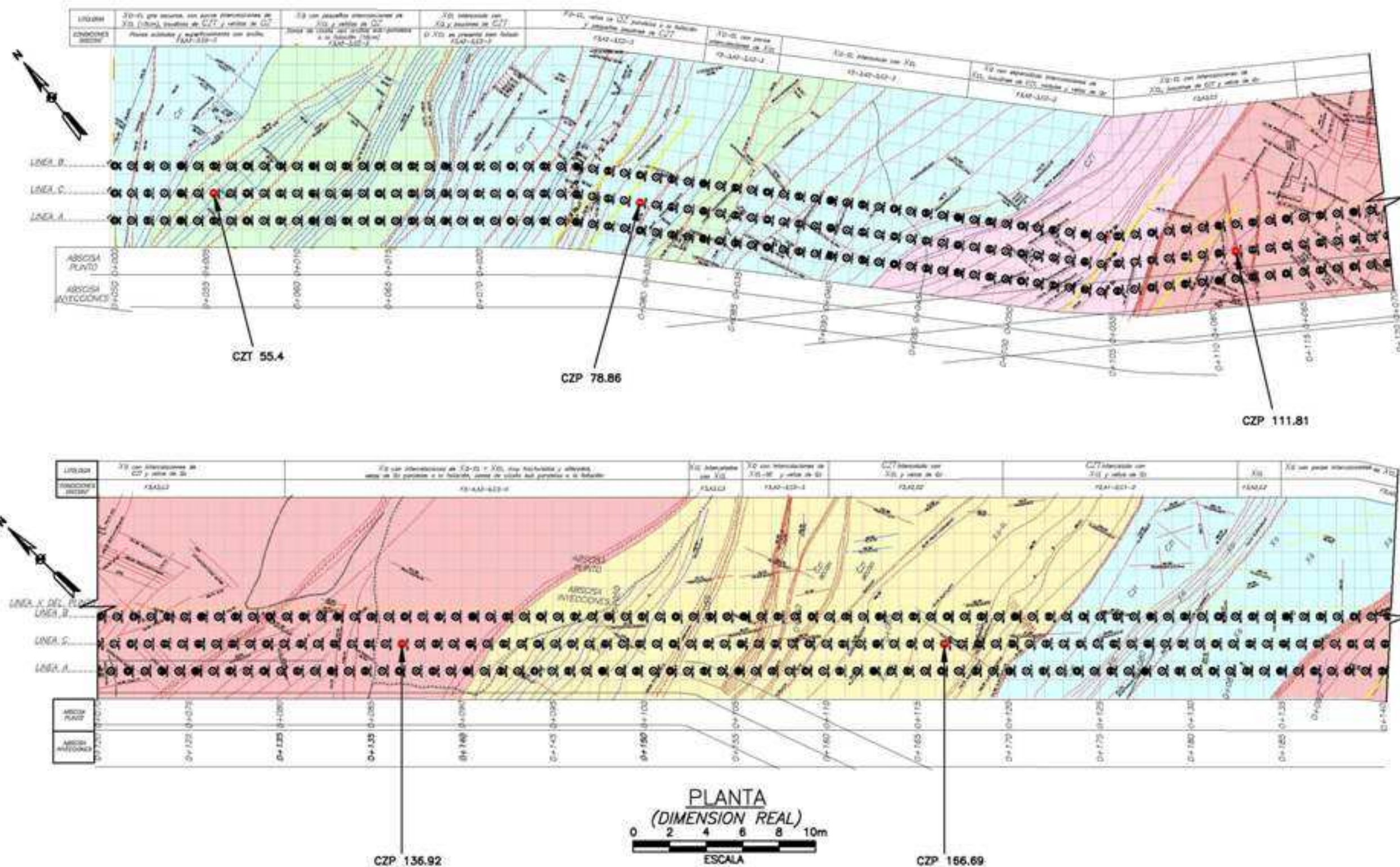
Yepez, H., 1998. "*Estudio de Peligro Sísmico para la Región del Proyecto Mazar*". INECEL.

**MAPA 3.1**

**Mapa geomecánico del Plinto Izquierdo y Talón de la Presa**

**Mazar**



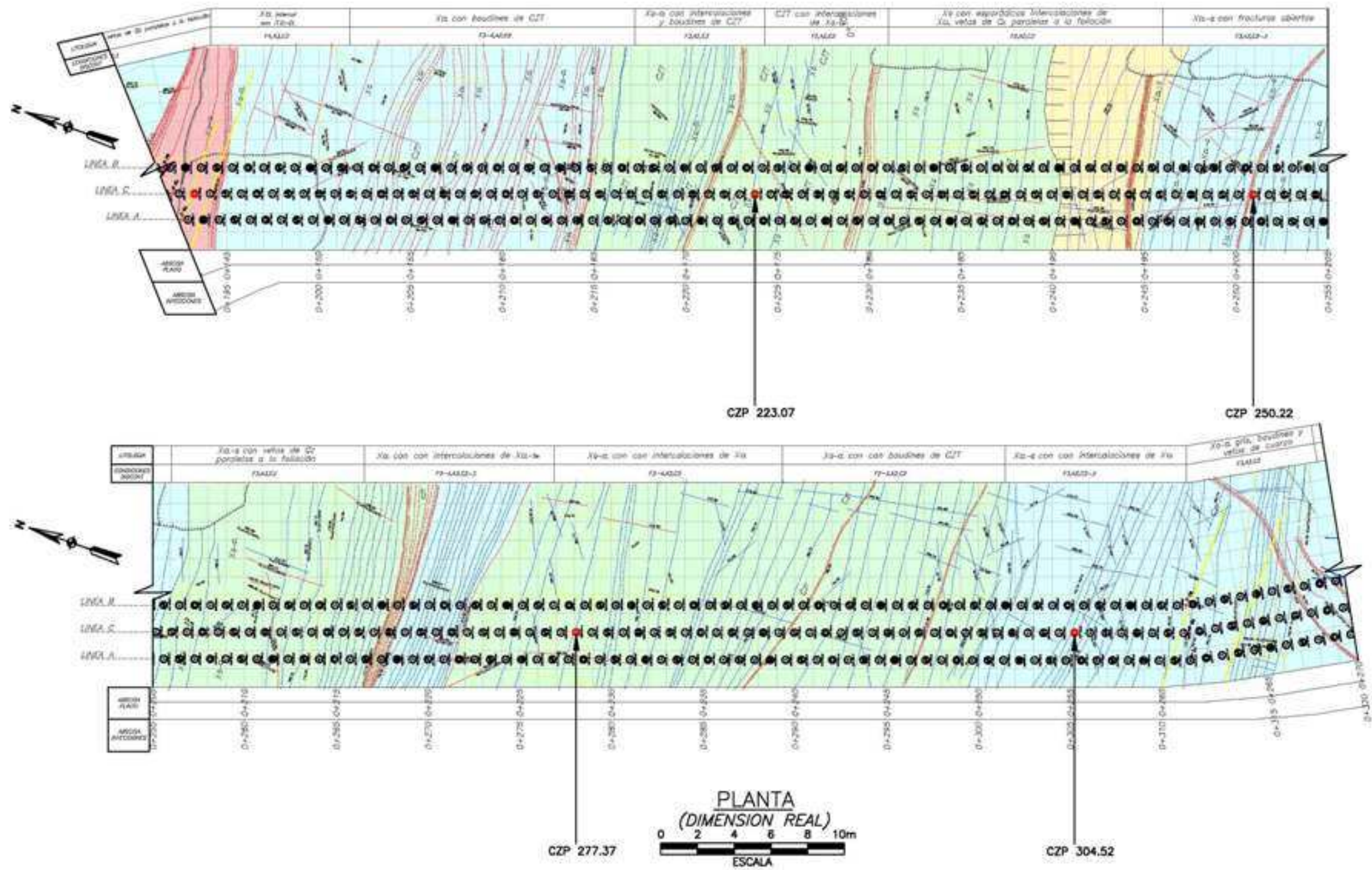


Mapa 3.1: Mapa geomecánico del Plinto Izquierdo y Talón de la presa Mazar (modificado de 'Mapa geomecánico del plinto presa Mazar', archivo 2008)




PROYECTO HIDROELECTRICO MAZAR		
PRESA - PLINTO IZQUIERDO MAPEO GEOMECANICO SONDEOS PARA INYECCIONES PLANTA		
		3.1
		1 de 4



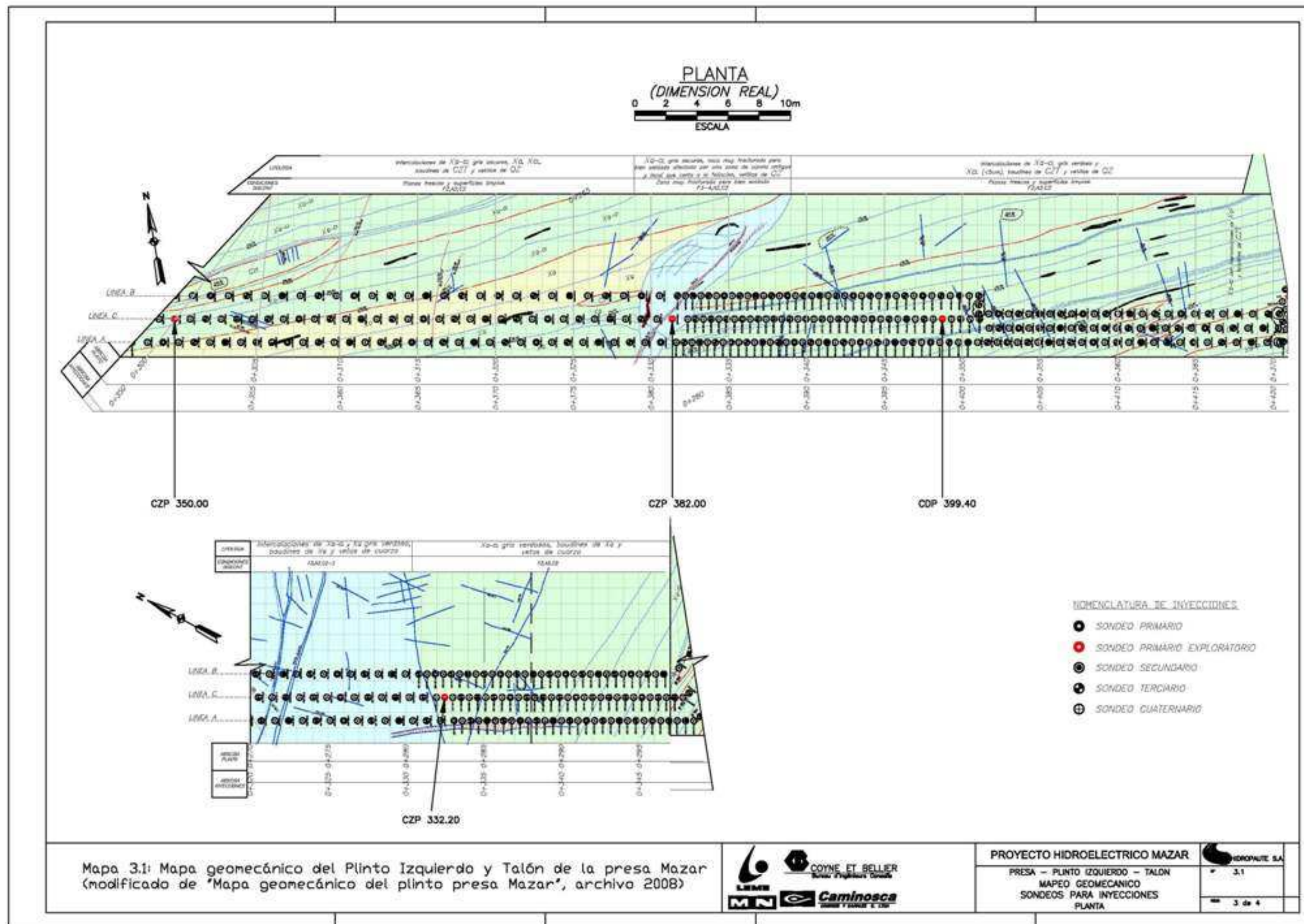


Mapa 3.1: Mapa geomecánico del Plinto Izquierdo y Talón de la presa Mazar (modificado de 'Mapa geomecánico del plinto presa Mazar', archivo 2008)



PROYECTO HIDROELECTRICO MAZAR		 HIDROPUTE SA
PRESA - PLINTO IZQUIERDO MAPEO GEOMECANICO SONDEOS PARA INYECCIONES PLANTA		
		3.1
		2 de 4





Mapa 3.1: Mapa geomecánico del Plinto Izquierdo y Talón de la presa Mazar (modificado de "Mapa geomecánico del plinto presa Mazar", archivo 2008)

## LEYENDA Y SIGNOS CONVENCIONALES

### CONTACTOS / DISCONTINUIDADES

FALLA	FRACTURA	FOLIACION	CONDICIONES:
			TERROSO / SUELO
			ABIERTA
			SELLADA

FRACTURA SUBVERTICAL CERRADA (Plinto Derecho)

FRACTURA SUBVERTICAL ABIERTA (Plinto Derecho)

FRACTURA SUBVERTICAL CON RELLENO (Plinto Derecho)

CONTACTO GEOMECANICO

CONTACTO GEOLOGICO

ZONA DE CIZALLAMIENTO

### RMR

RMR 30-40

RMR 40-50

RMR 50-60

RMR 60-70

RMR 70-75

### LITOLOGÍAS

X	- ESQUISTO
CZT	- CUARCITA
MTV	- METAVOLCANITA
Q,M,(B)	- CUARZO, MUSCOVITA, (BIOTITA)
Cl	- Clorita

- HUMEDAD

- GOTAS

- SURGENCIA DE AGUA (CON VOLUMEN APROXIMADO EN l/min)

- FISURA CAUSADA POR DESMONTE (cm)

150/30 - ORIENTACION DE LOS PLANOS DE DISCONTINUIDAD  
(DIRECCION DEL BUZAMIENTO / ANGULO DE BUZAMIENTO)

### CONDICIONES DE LAS DISCONTINUIDADES

#### PLANARIDAD

I - IRREGULAR, ANGULOSA

P - PLANA

O - ONDULADA

#### RUGOSIDAD

R - RUGOSA

L - LISA

E - ESTRADA

A - ABERTURA (x en mm)

Ox - OXIDADO

(Mn) - MANGANESO

(Fe) - HIERRO

### ALTERACION DE LAS PAREDES

a1 - PAREDES SANAS

a2 - PAREDES LEVEMENTE ALTERADAS

a3 - PAREDES MODERADAMENTE ALTERADAS

a4 - PAREDES MUY ALTERADAS

a5 - PAREDES DESCOMPLETAS

CO - COLUVION

AL - ALUVION

#### RELLENO

P0 - CONTACTO ROCA X ROCA

P1 - GRANULAR

P2 - GRANULAR Y SUELO

P3 - SUELO

Q - VETA DE CUARZO

C - VETA DE MATERIAL CARBONATICO

M - CONCENTRACION DE MICA

### GRADO DE FRACTURAMIENTO

F1 - MASIVA (< 1 FRACTURAS/m)

F2 - POCO FRACTURADA (1 A 5 FRACTURAS/m)

F3 - MEDIANAMENTE FRACTURADA (6 A 10 FRACTURAS/m)

F4 - MUY FRACTURADA (11 A 20 FRACTURAS/m)

F5 - EXTREMAMENTE FRACTURADA (> 20 FRACTURAS/m)

### GRADO DE COHERENCIA

C1 - MUY COHERENTE

C2 - COHERENTE

C3 - MEDIANAMENTE COHERENTE

C4 - POCO COHERENTE

C5 - FRIBLE O SIN COHERENCIA (SAPROLITO)

### GRADO DE ALTERACION

A1 - ROCA SANA

A2 - ROCA POCO ALTERADA

A3 - ROCA MEDIANAMENTE ALTERADA

A4 - ROCA MUY ALTERADA

A5/SAP - ROCA EXTREMAMENTE ALTERADA (SAPROLITO)

Mapa 3.1: Mapa geomecánico del Plinto Izquierdo y Talón de la presa Mazar (modificado de "Mapa geomecánico del plinto presa Mazar", archivo 2009)



PROYECTO HIDROELECTRICO MAZAR

HYDROPAUTE SA

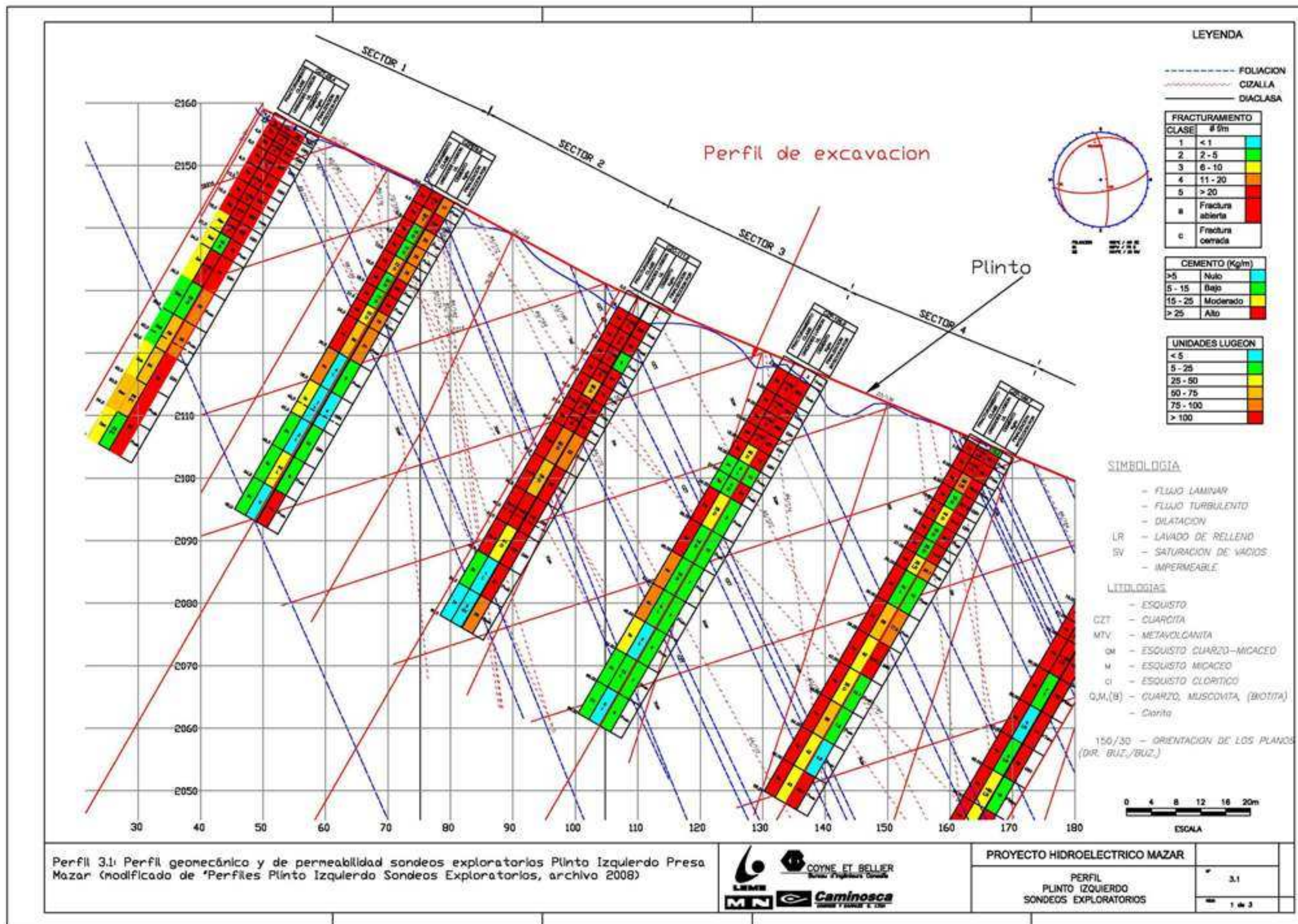
LEYENDA GEOMECÁNICA  
SIGNOS CONVENCIONALES

3.1

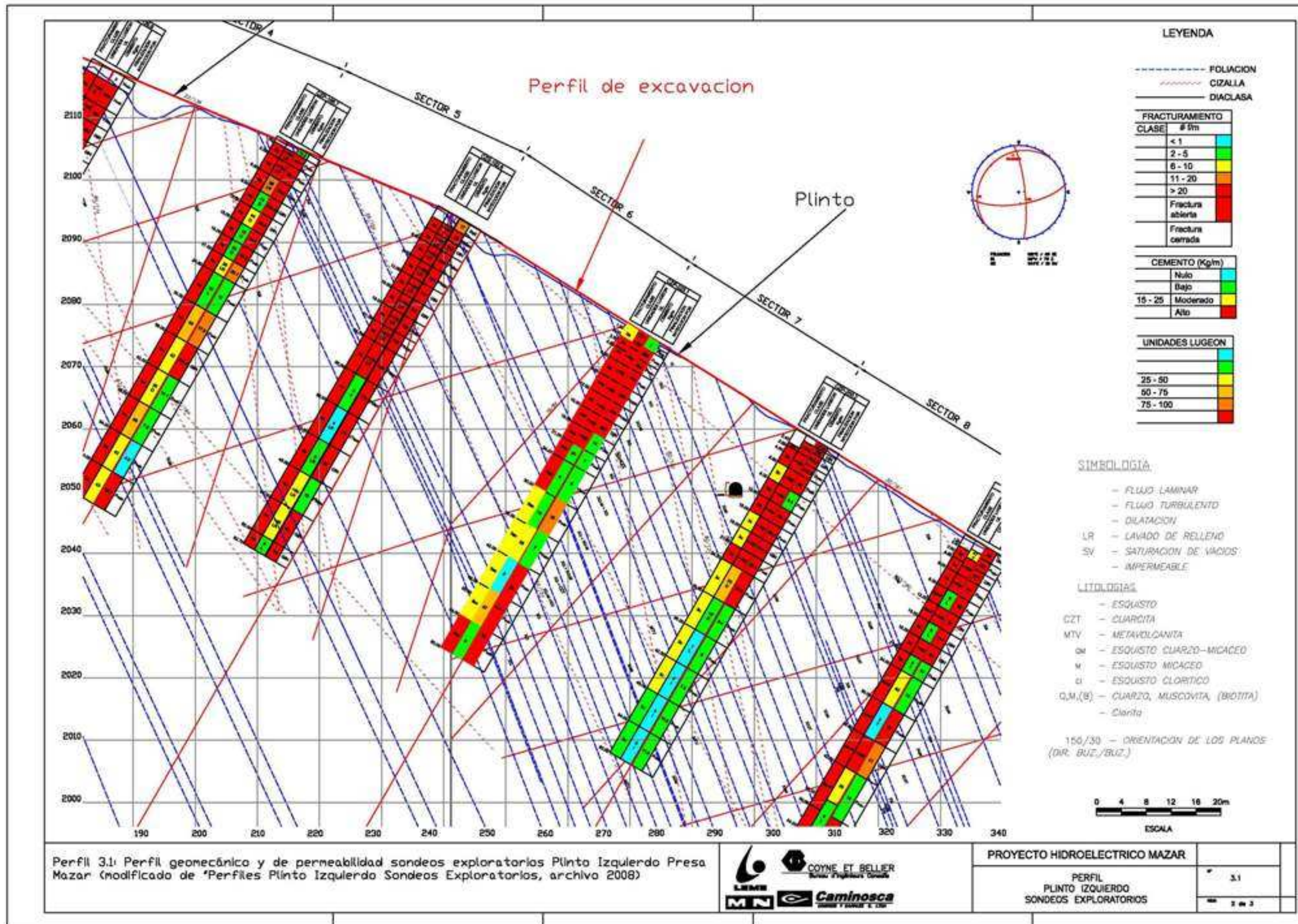
4 de 4

**PERFILES 3.1 – 3.2****Sondeos Exploratorios Plinto Izquierdo y Talón Presa Mazar**

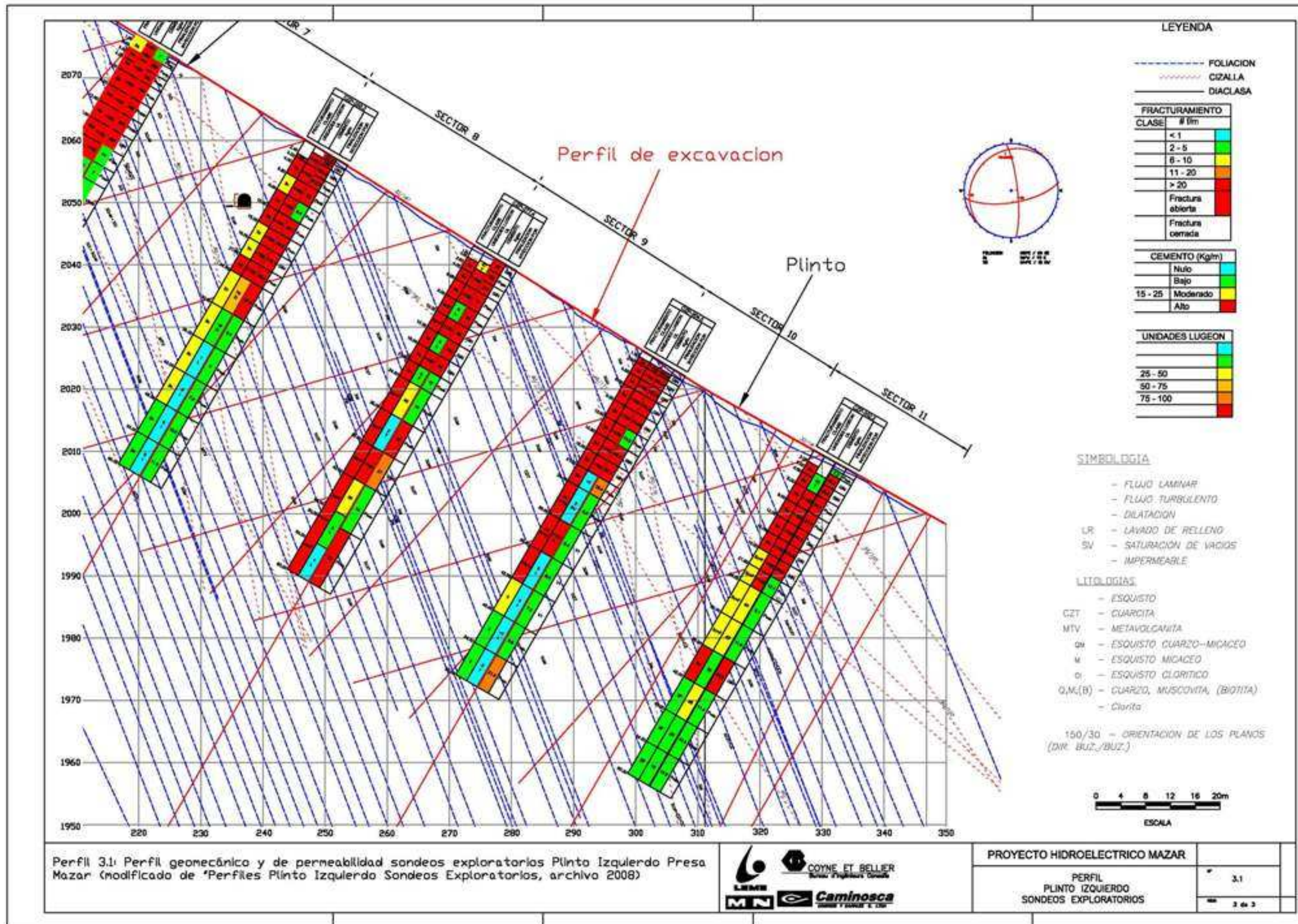




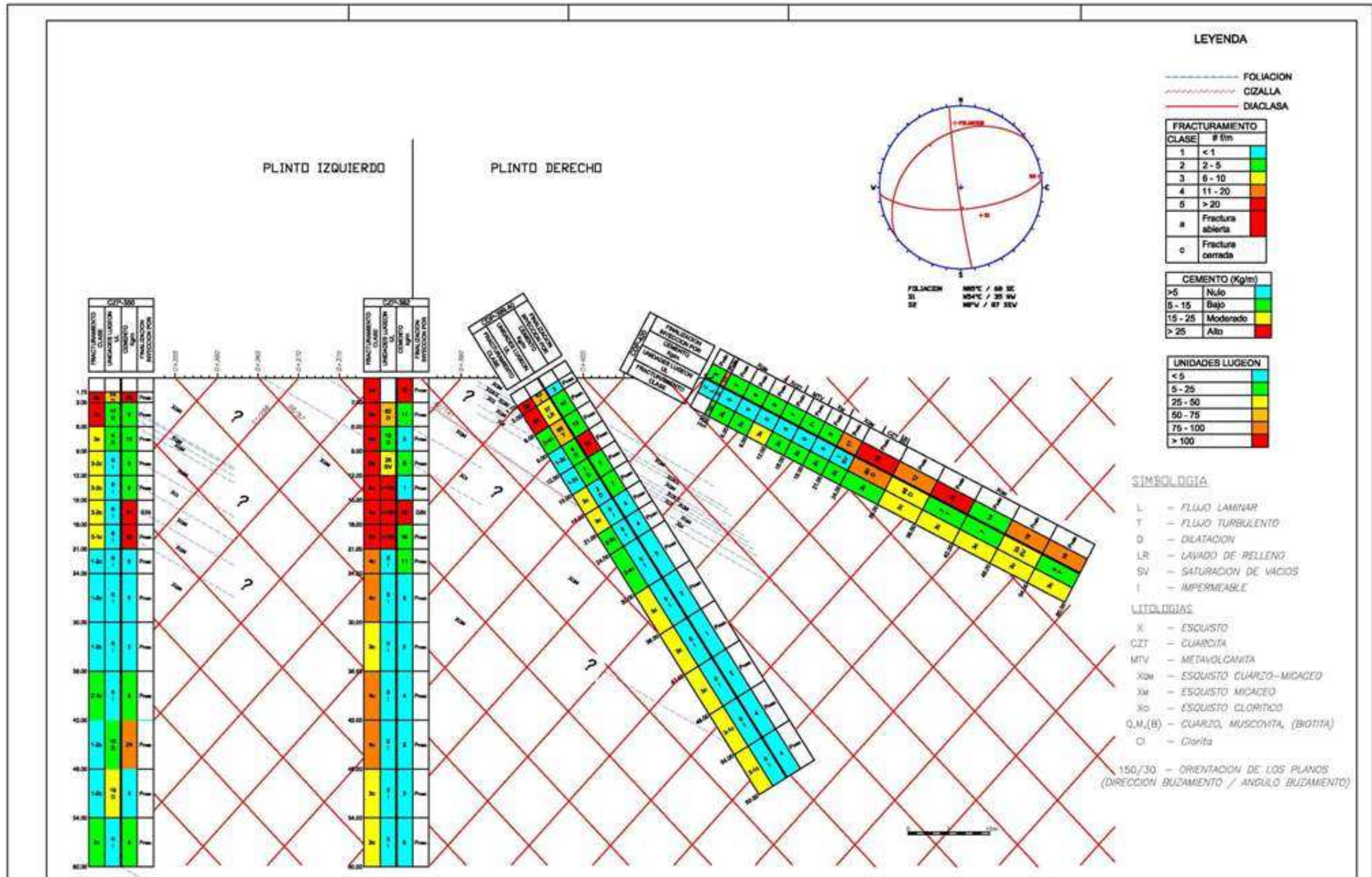












Perfil 3.2: Perfil geomecánico y de permeabilidad sondeos exploratorios Talón Presa Mazar (modificado de "Perfiles Talón Sondeos Exploratorios, archivo 2008)



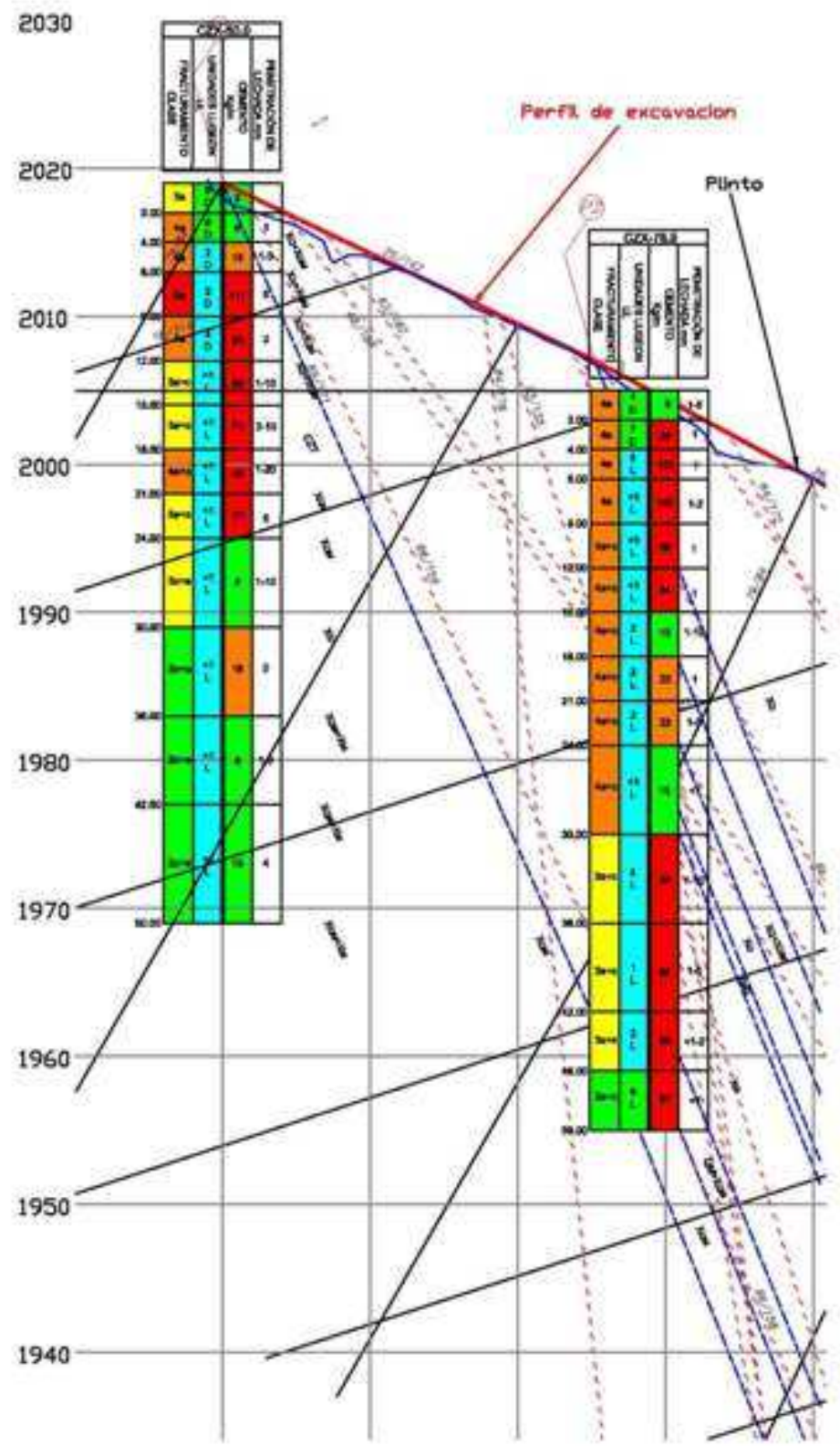
PROYECTO HIDROELECTRICO MAZAR  
 PERFIL  
 TALON DE LA PRESA  
 SONDEOS EXPLORATORIOS



**PERFILES 6.1 – 6.6**

**Sondeos de Comprobación Plinto Izquierdo y Talón Presa**

**Mazar**



**LEYENDA**

- FOLIACION
- CIZALLA
- DIACLASA

FRACTURAMIENTO	
CLASE	#/m
1	< 2
2	2 - 5
3	6 - 10
4	11 - 20
5	> 20
*	Fractura abierta

UNIDADES LUGEON	
< 5	
5 - 25	
25 - 50	
50 - 75	
75 - 100	
> 100	

VOLUMEN (lit)	
Nulo	0
	0.1 - 29
	30 - 100
	> 100

**SIMBOLOGIA**

- L - FLUJO LAMINAR
- T - FLUJO TURBULENTO
- D - DILATACION
- LR - LAVADO DE RELLENO
- SV - SATURACION DE VACIOS
- I - IMPERMEABLE

**LITOLOGIAS**

- X - ESQUISTO
- QZT - CUARCITA
- MTV - METAVOLCANITA
- XqM - ESQUISTO CUARZO-MIGACEO
- XM - ESQUISTO MIGACEO
- Xcl - ESQUISTO CLORITICO
- Q,M,(B) - CUARZO, MUSCOVITA, (BIOTITA)
- Cl - Clorita

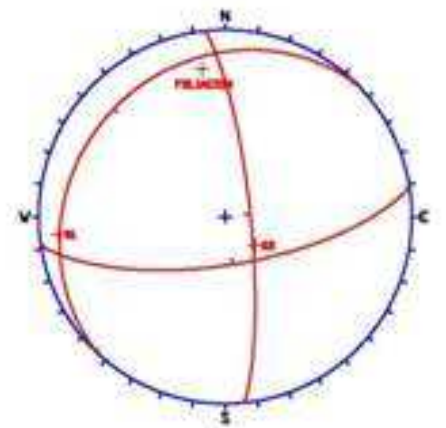
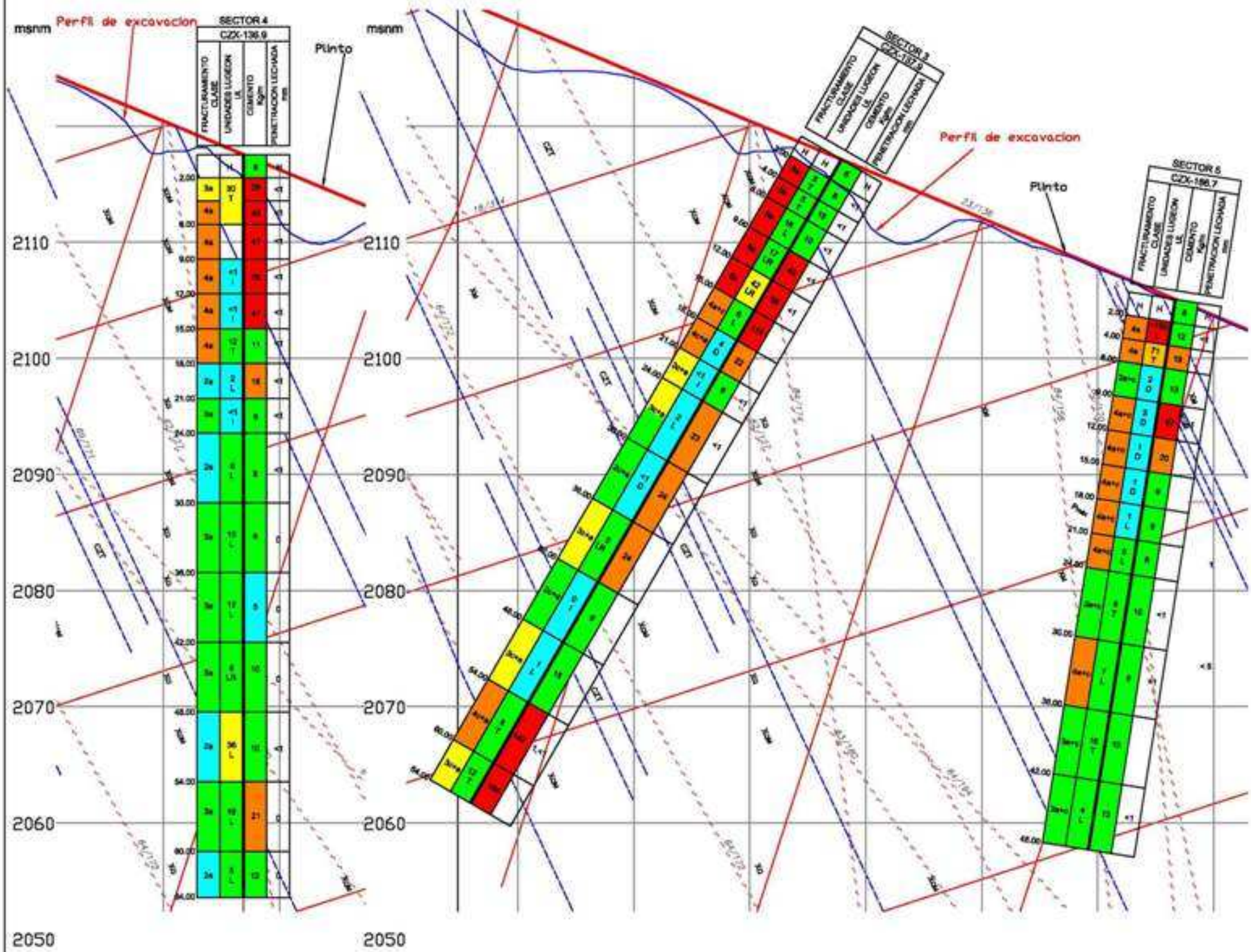
150/30 - ORIENTACION DE LOS PLANOS  
(DIRECCION BUZAMIENTO / ANGULO BUZAMIENTO)

Perfil 6.1: Perfil geomecánico y de permeabilidad sondeos de comprobación Plinto Izquierdo Sectores 1-2 Presa Mazar (modificado de "Perfiles Plinto Izquierdo Sondeos de comprobación, archivo 2009)



PROYECTO HIDROELECTRICO MAZAR	
PERFIL PLINTO IZQUIERDO SONDEOS DE COMPROBACION	6.1





FOLIACION  
 S1 N61°E / 69 SE  
 S2 N6°V / 79 E  
 S3 N44°E / 18 NV

LEYENDA  
 - - - - - FOLIACION  
 - - - - - CIZALLA  
 - - - - - DACLASA

FRACTURAMIENTO CLASE	# de
1	< 2
2	2 - 5
3	5 - 10
4	11 - 20
5	> 20
6	OPCIÓN
7	ABASTE

UNIDADES LUGERON
0 - 25
25 - 50
50 - 75
75 - 100
> 100

VOLUMEN (%)
0
0.1 - 29
30 - 100
> 100

- SIMBOLOGIA
- H - HORMIGON
  - L - FLEJO LAMPAR
  - T - FLEJO TURBULENTO
  - D - DEBILIDAD
  - LR - LAVADO DE RELLENO
  - SV - SATURACION DE VACIOS
  - I - IMPERMEABLE
- LITOLOGIAS
- X - ESQUISTO
  - CZ1 - CUARZO
  - MTV - METAVOLCANITA
  - 30w - ESQUISTO CUARZO-ARCADO
  - 30s - ESQUISTO ARCADO
  - 30r - ESQUISTO CLOVADO
  - Q.M.(B) - CUARZO, MUSCOVITA, (BIOXIA)
  - Q - CLOVITO

180/30 - ORIENTACION DE LOS PLANOS  
 (DIRECCION BUDAMIENTO / ANGULO BUDAMIENTO)

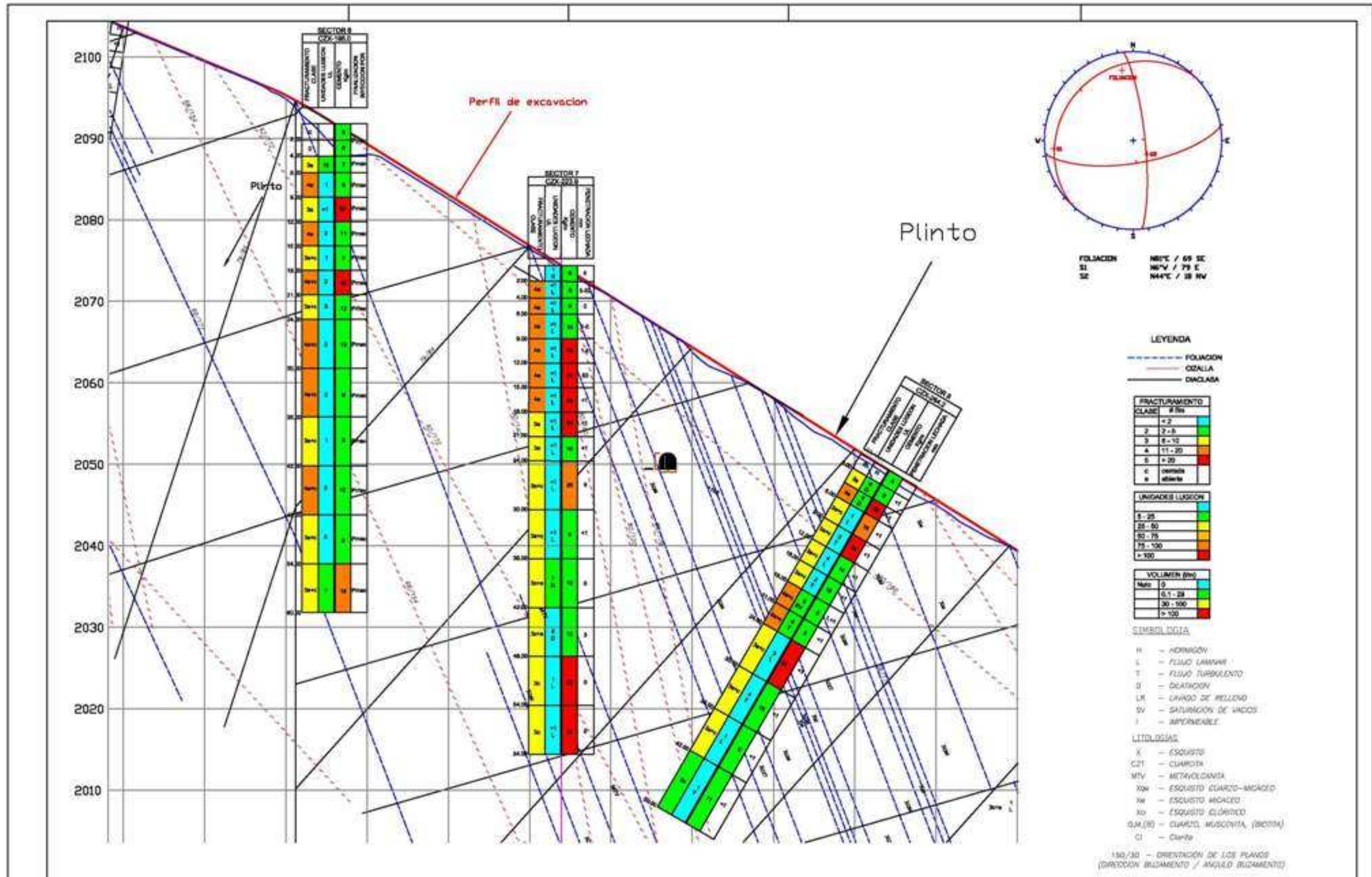
Perfil 6.2) Perfil geomecánico y de permeabilidad sondeos de comprobación Plinto Izquierdo Sectores 3-4-5 Presa Mazar (modificado de "Perfiles Plinto Izquierdo Sondeos de comprobación, archivo 2009)



PROYECTO HIDROELECTRICO MAZAR  
 PERFIL  
 SONDEOS DE COMPROBACION  
 CZX 137.9 - CZX 136.9 - CZX 166.7  
 SECTOR 3 - SECTOR 4 - SECTOR 5

6.2





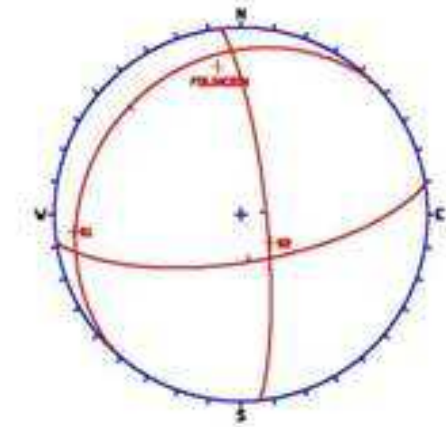
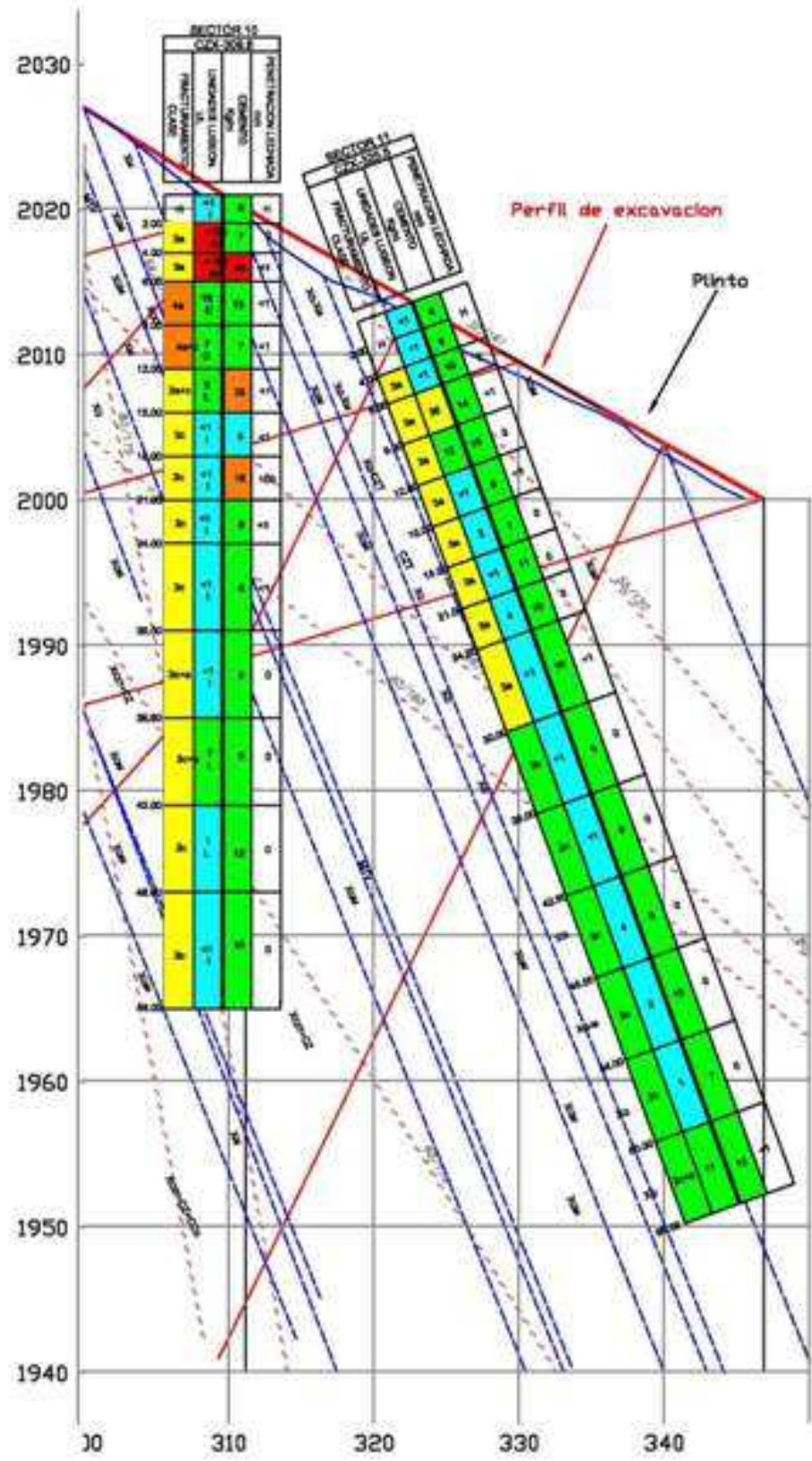
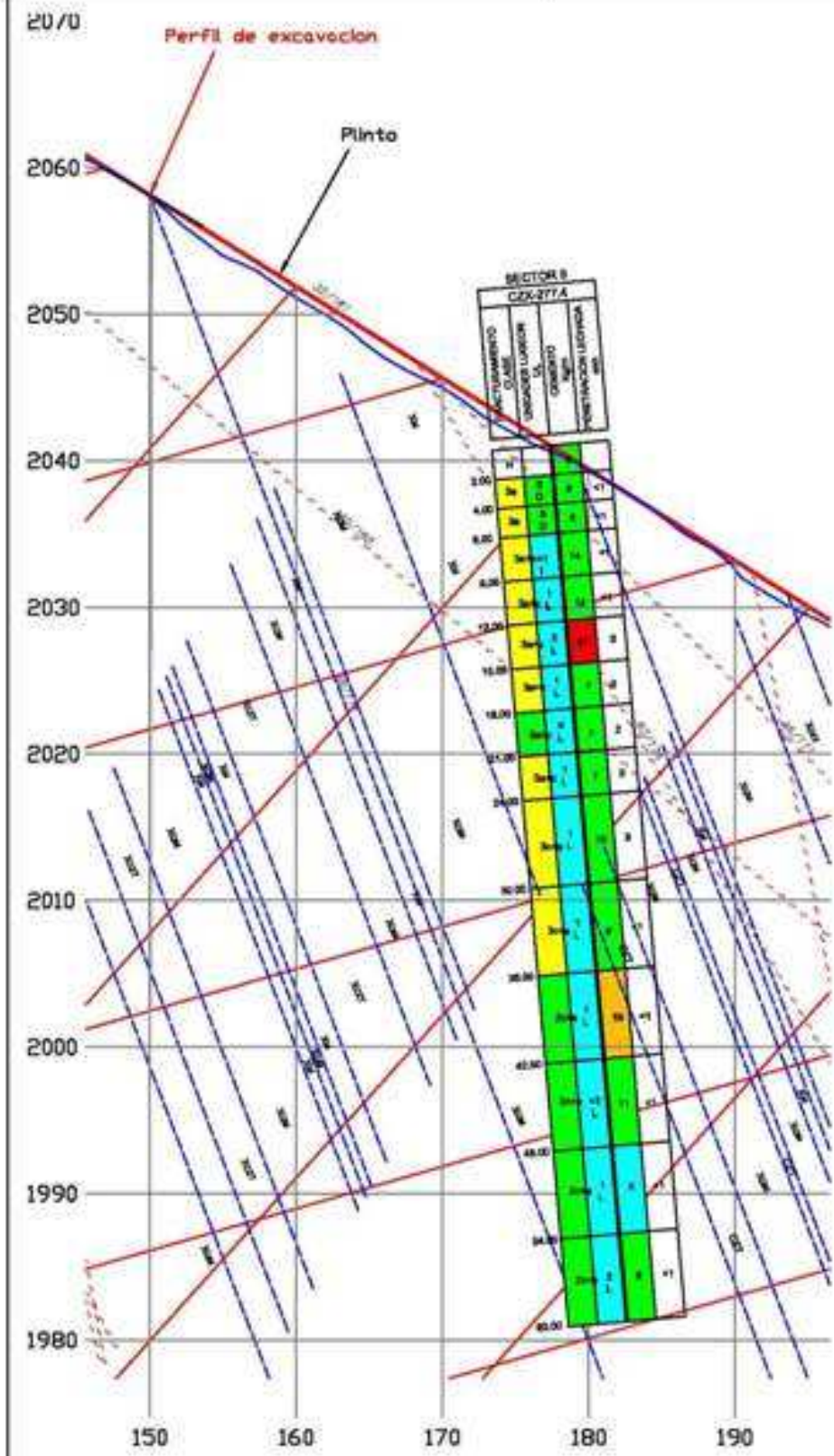
Perfil 6.3: Perfil geomecánico y de permeabilidad sondeos de comprobación Plinto Izquierdo Sectores 6-7-8 Presa Mazar (modificado de 'Perfiles Plinto Izquierdo Sondeos de comprobación, archivo 2009)



PROYECTO HIDROELECTRICO MAZAR  
 PERFIL  
 SONDEOS DE COMPROBACION  
 CZX 196.0 - CZX 223.9 - CZX 284.2  
 SECTOR 6 - SECTOR 7 - SECTOR 8

6.3





FOLIACION N81°E / 69 SE  
S1 N6°V / 79 E  
S2 N44°E / 18 NV

LEYENDA

- FOLIACION
- OZALIA
- DIACLASA

FRACTURAMIENTO	
CLASE	# fis
1	1-2
2	3-5
3	6-10
4	11-20
5	> 20
C	cerrada
A	abierta

UNIDADES LITOLÓGICAS	
CLASE	UNIDADES
1	1-25
2	26-50
3	51-75
4	76-100
5	> 100

VOLUMEN (lit)	
Modo	CLASE
0	1
0.1-20	2
30-100	3
> 100	4

SIMBOLOGIA

- H - HORRIGON
- L - FLEJO LAMINAR
- T - FLEJO TURBULENTO
- D - DIAGENOSIS
- LR - LINDO DE RELLENO
- DV - SATURACION DE VACIOS
- I - IMPREDECIBLE

LITOLOGIAS

- X - ESQUISTO
- CZT - CUARZITA
- MV - METAVOLCANIA
- XQ - ESQUISTO CUARZO-ARCADO
- XM - ESQUISTO ARCADO
- XO - ESQUISTO CLORICO
- Q.M.(B) - CUARZO MUSCOVITA (BROTA)
- CI - Cuarzo

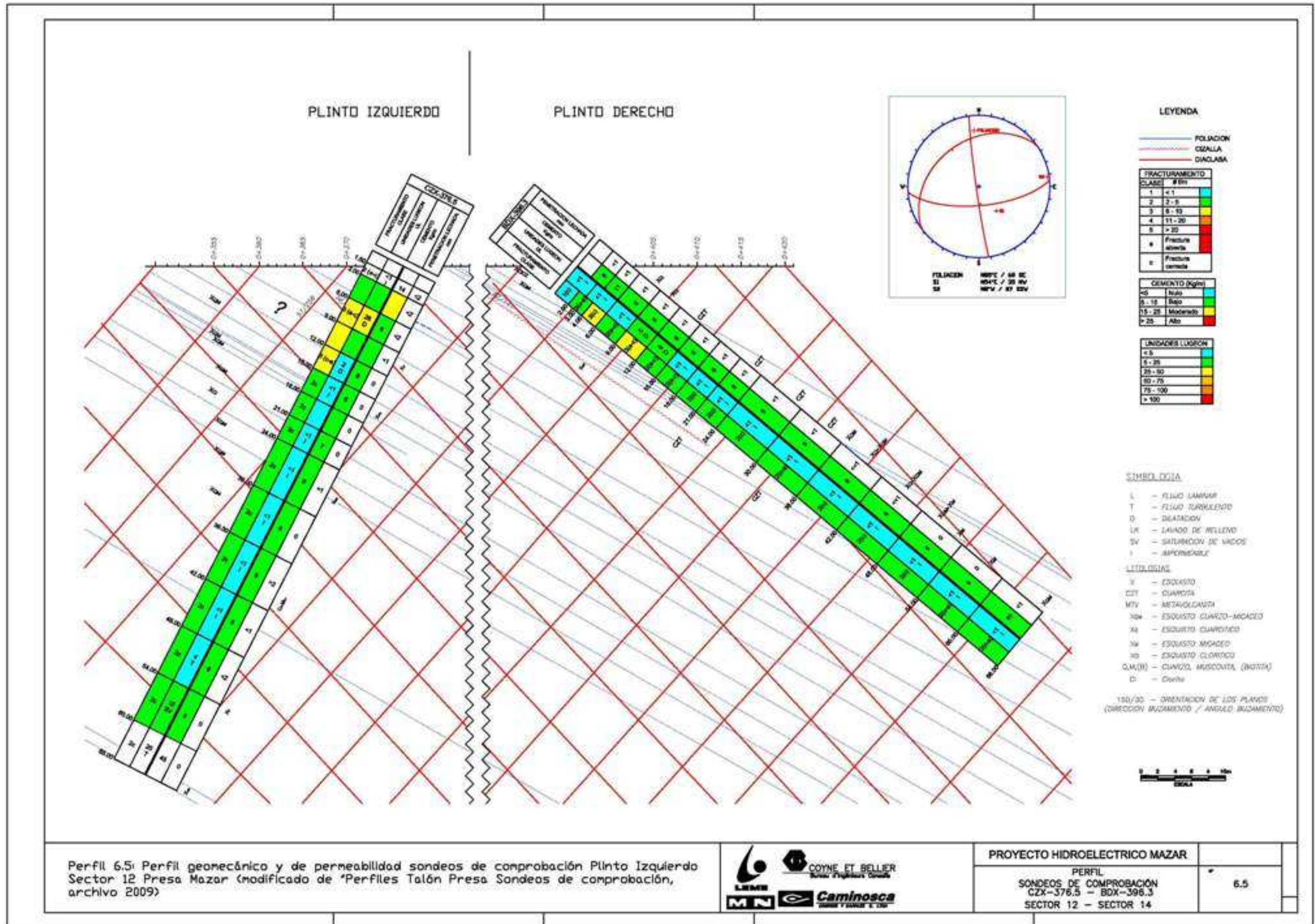
190/30 - ORIENTACION DE LOS PLANOS  
(DIRECCION BUDAJEMENTO / ANGULO BUDAJEMENTO)

Perfil 6.4: Perfil geomecánico y de permeabilidad sondeos de comprobación Plinto Izquierdo Sectores 9-10-11 Presa Mazar (modificado de 'Perfiles Plinto Izquierdo Sondeos de comprobación, archivo 2009)



PROYECTO HIDROELECTRICO MAZAR  
PERFIL  
SONDEOS DE COMPROBACION  
CZX 277.4 - CZX 309.6 - CZX 325.5  
SECTOR 9 - SECTOR 10 - SECTOR 11





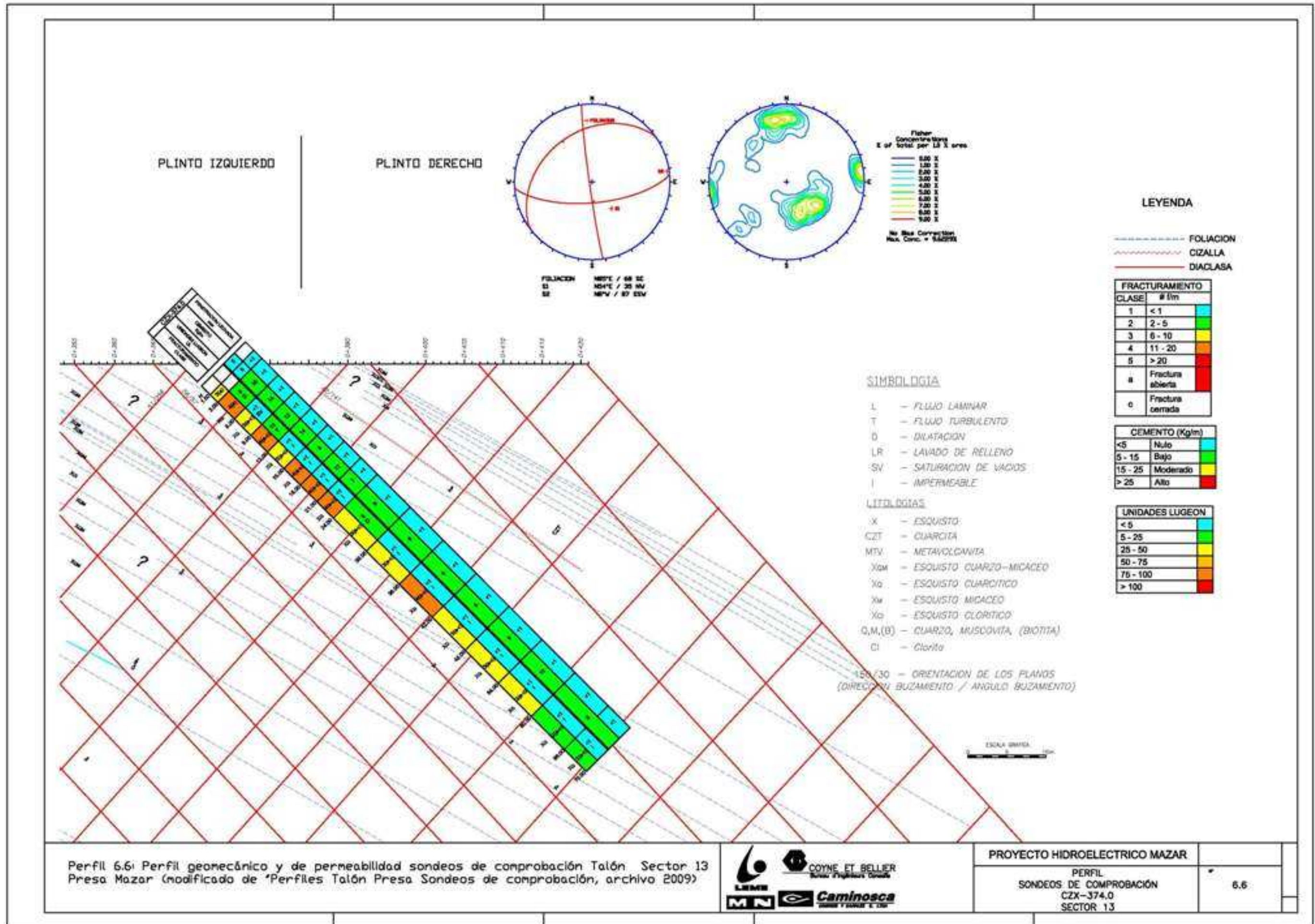
Perfil 6.5: Perfil geomecánico y de permeabilidad sondes de comprobación Plinto Izquierdo Sector 12 Presa Mazar (modificado de "Perfiles Talón Presa Sondes de comprobación, archivo 2009")



PROYECTO HIDROELECTRICO MAZAR  
 PERFIL  
 SONDEOS DE COMPROBACION  
 CZX-376.5 - BDX-398.3  
 SECTOR 12 - SECTOR 14

6.5





Perfil 6.6: Perfil geomecánico y de permeabilidad sondeos de comprobación Talón Sector 13 Presa Mazar (modificado de "Perfiles Talón Presa Sondeos de comprobación, archivo 2009")



PROYECTO HIDROELECTRICO MAZAR  
 PERFIL  
 SONDEOS DE COMPROBACION  
 CZX-374.0  
 SECTOR 13

6.6

## **ANEXOS**



## **ANEXO I**

**Tablas de log-geomecánico Sondeos Exploratorios Plinto**

**Presas Mazar**

TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , etc.			
0.00	1.39	139.00										CONCRETO		
1.39	1.64	25.00	23.00	92	13.00	56.52	9	2D-7F	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo	>100	Flujo Turbulento
1.64	2.30	66.00	27.00	41	10.00	37.04	22	20D-2F	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo		
2.30	2.79	49.00	46.00	94	24.00	52.17	20	20D	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo		
2.79	4.10	131.00	119.00	91	87.00	73.11	20	20D	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo	>100	Flujo Turbulento
4.10	4.25	15.00	15.00	100	10.00	66.67	13	10D-3F	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo		
4.25	4.78	53.00	40.00	75	30.00	75.00	22	20D-2F	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo		
4.78	5.40	62.00	0.00	0	0.00	0.00	20	20D	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Clorítico	92	Flujo Turbulento
5.40	6.00	60.00	38.00	63	0.00	0.00	20	15D-5F	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Clorítico		
6.00	6.30	30.00	13.00	43	0.00	0.00	14	10D-4F	Abierta	Med-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico		
6.30	6.90	60.00	60.00	100	40.00	66.67	15	10D-5F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico	18	Dilatación
6.90	7.38	48.00	44.00	92	30.00	68.18	16	11D-5F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico		
7.38	8.22	84.00	84.00	100	60.00	71.43	13	10D-3F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico		
8.22	9.00	78.00	61.00	78	50.00	81.97	17	15D-2F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico	17	Dilatación
9.00	9.62	62.00	43.00	69	10.00	23.26	15	10D-5F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico		
9.62	10.00	38.00	35.00	92	10.00	28.57	8	7D-1F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico		
10.00	10.65	65.00	45.00	69	18.00	40.00	17	15D-2F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico	17	Dilatación
10.65	11.40	75.00	64.00	85	24.00	37.50	18	16D-2F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico		
11.40	12.00	60.00	50.00	83	29.00	58.00	17	15D-2F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
12.00	12.80	80.00	77.00	96	35.00	45.45	16	16D	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	72	Dilatación
12.80	13.60	80.00	74.00	93	70.00	84.59	17	17D	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
13.60	14.40	80.00	46.00	58	30.00	65.22	15	15D	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
14.40	15.00	60.00	46.00	77	20.00	43.48	12	12D	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	20	Dilatación
15.00	15.79	79.00	55.00	70	10.00	18.18	10	10D	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
15.79	16.75	96.00	41.00	43	10.00	24.39	16	16D	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
16.75	18.00	125.00	12.00	10	10.00	83.33	6	6D	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	17	Dilatación
18.00	18.50	50.00	49.00	98	0.00	0.00	8	7D-1F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
18.50	20.00	150.00	23.00	15	20.00	86.96	7	6D-1F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
20.00	20.50	50.00	48.00	92	0.00	0.00	14	12D-2F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	33	Dilatación
20.50	21.40	90.00	52.00	58	10.00	19.23	10	10D	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
21.40	22.00	60.00	49.00	82	45.00	91.84	11	10D-1F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
22.00	22.52	52.00	22.00	42	22.00	100.00	8	7D-1F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	33	Dilatación
22.52	22.85	33.00	14.00	42	10.00	71.43	9	8D-1F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
22.85	23.50	65.00	50.00	77	0.00	0.00	7	5D-2F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
23.50	24.00	50.00	25.00	50	10.00	40.00	9	8D-1F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		

SONDEO: CZP-78.9							ANEXO 1								
UBICACIÓN: Pinto Izquierdo SECTOR 2							Tabla 3.A1.2								
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON	
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , etc.				
24.00	24.77	77.00	24.00	31	10.00	41.67	5	4D-1F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
24.77	25.00	23.00	23.00	100	10.00	43.48	7	6D-1F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
25.00	25.68	68.00	65.00	96	0.00	0.00	9	8D-1F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
25.68	25.90	22.00	18.00	73	18.00	100.00	12	10D-2F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
25.90	26.40	50.00	45.00	90	0.00	0.00	15	15D	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
26.40	27.00	60.00	51.00	85	23.00	45.10	20	20D	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
27.00	27.65	65.00	53.00	82	10.00	18.87	10	10D	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
27.65	28.48	83.00	73.00	88	32.00	43.84	10	10D	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
28.48	29.04	56.00	50.00	89	27.00	54.00	5	4D-1F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
29.04	29.55	51.00	47.00	92	35.00	74.47	7	5D-2F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
29.55	30.00	45.00	44.00	98	20.00	45.45	12	10D-2F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	75	-	
30.00	30.60	60.00	30.00	50	26.00	93.33	12	7D-5F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
30.60	31.40	80.00	40.00	50	10.00	25.00	11	8D-3F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
31.40	32.40	100.00	58.00	58	30.00	51.72	17	15D-2F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
32.40	32.90	50.00	46.00	92	20.00	43.48	17	16D-1F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
32.90	33.20	30.00	30.00	100	30.00	100.00	18	16D-2F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
33.20	33.68	48.00	40.00	83	10.00	25.00	7	5D-2F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
33.68	34.47	79.00	72.00	91	35.00	48.61	4	3D-1F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
34.47	34.90	43.00	35.00	81	35.00	100.00	11	9D-2F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
34.90	35.40	50.00	23.00	46	20.00	86.96	11	10D-1F	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
35.40	35.70	30.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0	Abierta	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		Flujo Laminar	
35.70	36.33	63.00	51.00	81	25.00	49.02	12	10D-2F	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	4	Flujo Laminar	
36.33	37.15	82.00	55.00	67	31.00	56.36	11	10D-1F	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
37.15	38.20	105.00	103.00	98	100.00	97.09	11	11D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
38.20	38.50	30.00	29.90	100	18.00	53.51	8	7D-1F	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
38.50	39.00	50.00	42.00	84	29.00	69.05	11	10D-1F	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
39.00	39.67	67.00	53.00	79	22.00	41.51	8	7D-1F	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
39.67	40.00	33.00	32.00	97	15.00	46.88	6	6D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
40.00	40.27	27.00	23.00	85	0.00	0.00	6	2F-4D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
40.27	40.60	33.00	15.00	45	0.00	0.00	0	0	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
40.60	41.40	80.00	80.00	100	0.00	0.00	9	7F-2D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
41.40	42.00	60.00	45.00	75	34.00	75.56	6	2F-4D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	1	Flujo Laminar	
42.00	43.10	110.00	110.00	100	44.00	40.00	9	6F-3D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
43.10	44.00	90.00	70.00	78	25.00	35.71	7	3F-4D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
44.00	45.15	115.00	100.00	87	37.00	37.00	9	4F-5D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			

SONDEO: CZP-78.9							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 2							Tabla 3.A1.2							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , etc.			
45.15	45.40	25.00	20.00	80	0.00	0.00	0	0	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	2	Flujo Laminar
45.40	46.50	110.00	110.00	100	88.00	80.00	12	12F	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
46.50	47.38	88.00	88.00	100	42.00	47.73	12	10F-2F	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
47.38	48.00	62.00	62.00	100	53.00	85.48	12	10F-2F	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
48.00	49.05	105.00	95.00	90	40.00	42.11	14	12D-2F	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	44	Dilatación
49.05	49.47	42.00	42.00	100	15.00	35.71	14	12F-2D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
49.47	50.27	80.00	80.00	100	62.00	77.50			Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
50.27	51.10	83.00	83.00	100	57.00	68.67	12	7F-5D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
51.10	52.20	110.00	110.00	100	80.00	72.73	12	7F-5D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
52.20	53.22	102.00	83.00	81	60.00	72.29	20	17F-3D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
53.22	54.00	78.00	50.00	64	20.00	40.00	10	6F-4D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
54.00	55.00	100.00	100.00	100	90.00	90.00	5	4F-1D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
55.00	55.22	22.00	3.00	14	0.00	0.00	1	1D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	0	Impemeable
55.22	56.17	95.00	85.00	89	75.00	88.24	5	2D-3F	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
56.17	57.60	143.00	109.00	78	109.00	100.00	0	0	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
57.60	58.05	145.00	125.00	86	66.00	52.80	15	3F-12D	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
58.05	60.00	95.00	72.00	76	0.00	0.00	20	14D-6F	Cerrada	Lig- Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		

SONDEO: CZC-111.8 UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 3							ANEXO 1 Tabla 3.A1.3							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/mb	Tipo (D,F,Cz)	A0 = Abierta C = Cerrada		Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
0.00	2.76	276.00										CONCRETO		
2.76	3.11	35.00	35.00	100	0.00	0.00	6D+3F	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Cuarcita Micacea	-	-
3.11	3.85	74.00	65.00	88	0.00	0.00	15D+10F	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Cuarcita Micacea		
3.85	4.65	80.00	61.00	76	23.00	37.70	10D+5F	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Cuarcita Micacea		
4.65	5.30	65.00	48.00	74	0.00	0.00	fragm.	Foliación	Abierta	Alta	óxidos+arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo		Flujo Turbulento
5.30	6.00	70.00	68.00	97	0.00	0.00	fragm.	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos+arcilla	Cuarcita Micacea	63	
6.00	6.92	92.00	89.00	97	20.00	22.47	15D+10F	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Cuarcita Micacea		
6.92	7.75	83.00	75.00	90	0.00	0.00	10D+6F	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo		
7.75	8.50	75.00	75.00	100	23.00	30.67	8D+6F	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Cuarcita Micacea		
8.50	9.00	50.00	50.00	100	17.00	34.00	4D+3F	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Cuarcita Micacea	47	Dilatación
9.00	9.35	35.00	33.00	94	13.00	39.39	2D+3F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Cuarcita Micacea		
9.35	10.00	65.00	60.00	92	53.00	88.33	2D+4F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Cuarcita Micacea		
10.00	11.03	103.00	88.00	85	85.00	96.59	10D+5F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Cuarcita Micacea		
11.03	11.43	40.00	40.00	100	40.00	100.00	3D+3F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Cuarcita Micacea		
11.43	11.63	20.00	19.00	95	18.00	94.74	2D+2F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
11.63	11.78	15.00	13.00	87	11.00	84.62	2D+1F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
11.78	12.00	22.00	22.00	100	22.00	100.00	2D+1F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Esquisto Micaceo	>100	Dilatación
12.00	13.00	100.00	50.00	50	40.00	80.00	2D+3F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
13.00	14.00	100.00	62.00	62	60.00	96.77	1D+3F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
14.00	15.00	100.00	55.00	55	53.00	96.36	2D+4F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Esquisto Micaceo	>100	-
15.00	15.50	50.00	35.00	70	0.00	0.00	fragm.	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
15.50	17.00	150.00	140.00	93	97.00	69.29	3D+11F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
17.00	17.61	61.00	53.00	87	13.00	24.53	4D+6F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
17.61	18.00	39.00	39.00	100	32.00	82.05	3D+1F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Esquisto Micaceo	69	Dilatación
18.00	19.00	100.00	98.00	98	80.00	81.63	5D+7F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
19.00	20.00	100.00	97.00	97	48.00	41.24	7D+12F	Foliación	Abierta	Lig.alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
20.00	20.33	33.00	30.00	91	10.00	33.33	5D+3F	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
20.33	20.70	37.00	28.00	76	10.00	35.71	3D	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
20.70	21.40	70.00	44.00	63	0.00	0.00	fragm.	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Esquisto Micaceo	>100	-
21.40	22.35	95.00	35.00	37	0.00	0.00	fragm.	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
22.35	23.08	73.00	30.00	41	0.00	0.00	fragm.	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
23.08	23.40	32.00	25.00	78	0.00	0.00	fragm.	Foliación	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Esquisto Micaceo		
23.40	23.98	58.00	30.00	52	0.00	0.00	fragm.	Diáclasa	Abierta	Med. Alterada	óxidos	Esquisto Cuarcítico Clorítico	>100	-





SONDEO: CZC-111.8							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 3							Tabla 3.A1.3							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#f/mb	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patnas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
48.30	48.95	65.00	58.00	89	40.00	68.97	3D+5F	Foliación	Abierta	Med. alta	óxidos	Cuarcita Micacea	1	Flujo Laminar
48.95	49.40	45.00	43.00	96	34.00	79.07	4D+4F	Foliación	Abierta	Lig. alterada	óxidos	Esquisto Cuarcítico Micaceo		
49.40	49.80	40.00	38.00	95	30.00	78.95	3D+3F	Foliación	Abierta	Lig. alterada	óxidos	Esquisto Cuarcítico Micaceo		
49.80	50.55	75.00	70.00	93	55.00	78.57	3D+3F	Foliación	Cerrada	Lig. alterada		Esquisto Cuarcítico Micaceo		
50.55	51.80	125.00	120.00	96	102.00	85.00	3D+5F	Foliación	Cerrada	Lig. alterada		Esquisto Cuarcítico Micaceo		
51.80	53.30	150.00	150.00	100	140.00	93.33	2D+3F	Foliación	Cerrada	Lig. alterada		Cuarcita Micacea		
53.30	54.00	70.00	61.00	87	61.00	100.00	2D+2F	Foliación	Cerrada	Lig. alterada		Cuarcita Micacea		
54.00	54.40	40.00	39.00	98	35.00	89.74	1D+1F	Foliación	Cerrada	Lig. alterada		Cuarcita Micacea		
54.40	55.15	75.00	72.00	96	55.00	76.39	4D+5F	Foliación	Cerrada	Lig. alterada		Cuarcita Micacea		
55.15	56.45	130.00	123.00	95	120.00	97.56	2D+2F	Foliación	Cerrada	Lig. alterada		Esquisto Cuarcítico Micaceo		
56.45	57.50	105.00	100.00	95	100.00	100.00	1D+3F	Foliación	Cerrada	Lig. alterada		Cuarcita Micacea		
57.50	58.40	90.00	48.00	53	40.00	83.33	3F	Foliación	Cerrada	Lig. alterada		Cuarcita Micacea	3	Saturación de vacíos
58.40	60.00	160.00	160.00	100	130.00	81.25	2D+4F	Foliación	Cerrada	Lig. alterada		Cuarcita Micacea		

SONDEO: CZP 136.9							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Pinto Izquierdo SECTOR 4							Tabla 3.A1.4							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#f/mb	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , etc.			
0.00	1.00	100.00										concreto		
1.00	2.40	140.00										concreto		
2.40	3.25	85.00	38.0	45	20.0	53	9	2D+7F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo	-	-
3.25	4.00	75.00	25.0	33	0.0	0	>20	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
4.00	4.70	70.00	20.0	29	0.0	0	>20	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo	>100	
4.70	5.00	30.00	18.0	60	10.0	56	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
5.00	5.50	50.00	30.0	60	0.0	0	12	8D+4F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
5.50	6.00	50.00	30.0	60	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		-
6.00	7.00	100.00	29.0	29	15.0	52	8	1D+7F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
7.00	7.25	25.00	25.0	100	22.0	88	19	12D+7F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo	>100	
7.25	8.00	75.00	30.0	40	20.0	67	11	9D+2F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
8.00	8.47	47.00	44.0	94	10.0	23	11	10D+1F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
8.47	9.00	53.00	0.0	0	0.0	0	>20	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		-
9.00	9.60	60.00	40.0	67	20.0	50	7	5D+2F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
9.60	10.00	40.00	18.0	45	10.0	56	5	2D+3F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
10.00	10.40	40.00	0.0	0	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
10.40	11.00	60.00	30.0	50	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
11.00	11.50	50.00	26.0	52	10.0	38	10	2D+8F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
11.50	12.00	50.00	30.0	60	0.0	0	>20	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo	>100	-
12.00	12.47	47.00	12.0	26	15.0		6	4D+2F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
12.47	12.60	13.00	13.0	100	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
12.60	13.00	40.00	39.0	97	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
13.00	13.25	25.00	16.0	64	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
13.25	13.52	27.00	17.0	63	10.0	59	10	2D+8F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
13.52	13.96	44.00	25.0	57	15.0	60	8	2D+6F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
13.96	14.50	54.00	40.0	74	10.0	25	9	2D+7F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
14.50	15.00	50.00	28.0	56	10.0	36	12	10D+2F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo	>100	-
15.00	15.25	25.00	23.0	92	0.0	0	5	2D+3F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
15.25	15.50	25.00	24.0	96	10.0	42	7	5D+2F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
15.50	15.85	35.00	24.0	69	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
15.85	16.17	32.00	32.0	100	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
16.17	16.60	43.00	26.0	60	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
16.60	17.10	50.00	23.0	46	10.0	43	5	2D+3F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
17.10	17.25	15.00	12.0	80	0.0	0	9	4D+5F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
17.25	17.60	35.00	35.0	100	15.0	43	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
17.60	18.00	40.00	10.0	25	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo	40	Dilatación



SONDEO: CZP 136.9										ANEXO 1				
UBICACIÓN: Pinto Izquierdo SECTOR 4										Tabla 3.A1.4				
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/mb	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , etc.			
18.00	18.62	62.00	46.0	77	0.0	0	3	2D+1F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo	8	Flujo Laminar
18.62	19.10	48.00	26.0	54	10.0	36	9	7D+2F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
19.10	19.70	60.00	52.0	87	34.0	65	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
19.70	20.40	70.00	31.0	44	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
20.40	21.45	105.00	5.0	5	0.0	0	>20	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
21.45	21.67	22.00	22.0	100	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
21.67	22.10	43.00	30.0	70	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
22.10	22.63	53.00	30.0	57	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
22.63	23.25	62.00	39.0	63	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo	6	Dilatación
23.25	24.00	75.00	36.0	46	0.0	0	>20	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
24.00	24.60	60.00	20.0	25	0.0	0	>20	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
24.60	25.00	20.00	13.0	65	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
25.00	25.40	40.00	0.0	0	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
25.40	26.00	60.00	33.0	55	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
26.00	26.75	75.00	5.0	7	0.0	0	>20	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
26.75	27.27	52.00	33.0	63	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
27.27	27.60	53.00	50.0	94	0.0	0	>10	Fragm	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
27.60	28.57	77.00	66.0	80	20.0	29	11	9D+2F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
28.57	29.25	68.00	52.0	76	20.0	36	9	7D+2F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo		
29.25	30.00	75.00	46.0	64	20.0	42	6	4D+2F	Ab	Lig. Alterada	oxidos	esquisto cuarzo micaceo	35	Dilatación
30.00	30.50	50.00	42.0	84	21.0	50	8	5D+3F		Lig. Alterada		esquisto cuarcítico		
30.50	31.00	50.00	47.0	94	30.0	64	5	3D+2F		Lig. Alterada		esquisto cuarcítico		
31.00	31.29	29.00	28.0	97	0.0	0	6	4D+2F		Lig. Alterada		esquisto cuarcítico		
31.29	31.50	21.00	21.0	100	20.0	95	2	1D+1F		Lig. Alterada		esquisto cuarcítico		
31.50	31.98	48.00	25.0	52	0.0	0	5	3D+2F		Lig. Alterada		esquisto cuarcítico		
31.98	32.60	62.00	65.0	79	17.0	26	12	5D+7F		Lig. Alterada		esquisto cuarcítico		
32.60	33.00	20.00	0.0	0	0.0	0	>10	Fragm		Alterada		limo + frag. de esquisto cuarzo micaceo		
33.00	33.60	60.00	25.0	42	0.0	0	>10	Fragm		Alterada		limo + frag. de esquisto cuarzo micaceo		
33.60	34.00	40.00	35.0	88	0.0	0	>10	Fragm		Alterada		limo + frag. de esquisto cuarzo micaceo		
34.00	34.43	43.00	0.0	0	0.0	0	>10	Fragm		Med. Alterada		limo + frag. de esquisto cuarzo micaceo		
34.43	35.00	57.00	39.0	68	0.0	0	8	6D+2F		Med. Alterada		limo + frag. de esquisto cuarzo micaceo		
35.00	35.54	54.00	40.0	74	15.0	38	9	6D+3F		Med. Alterada		limo + frag. de esquisto cuarzo micaceo		
35.54	36.00	46.00	20.0	43	0.0	0	>10	Fragm		Med. Alterada		limo + frag. de esquisto cuarzo micaceo	14	Dilatación

SONDEO: CZP 136,9							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Pinto Izquierdo SECTOR 4							Tabla 3.A1.4							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/mb	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos. Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
36.00	37.10	110.00	70.0	64	18.0	26	15	10D+5F		Med. Alterada		limo + frag. de esquistos cuarzo micaceo		
37.10	37.50	40.00	0.0	0	0.0	0	>10	Fragm		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
37.50	38.45	95.00	60.0	63	35.0	58	15	12D+3F		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
38.45	39.00	55.00	0.0	0	0.0	0	>10	Fragm		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
39.00	39.47	47.00	10.0	21	0.0	0	>10	Fragm		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
39.47	40.00	53.00	50.0	94	20.0	40	8	6D+2F		Lig. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
40.00	40.25	25.00	15.0	60	15.0	100	1	1D		Lig. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
40.25	41.20	95.00	40.0	42	0.0	0	>20	Fragm		Lig. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
41.20	42.00	60.00	20.0	25	0.0	0	>20	Fragm		Alterada		esquistos cuarzo micaceo	16	Dilatación
42.00	42.50	50.00	10.0	20	10.0	100	2	2F		Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
42.50	43.30	60.00	26.0	35	10.0	36	6	2D+4F		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
43.30	43.90	60.00	30.0	50	0.0	0	>10	Fragm		alterada		esquistos cuarzo micaceo		
43.90	44.30	40.00	0.0	0	0.0	0	>10	Fragm		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
44.30	45.00	70.00	25.0	36	18.0	72	6	2D+4F		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
45.00	45.56	56.00	40.0	71	10.0	25	>10	Fragm		Med. Alterada		esquistos cuarcítico		
45.56	46.30	74.00	35.0	47	30.0	86	3	1D+2F		Med. Alterada		esquistos cuarcítico		
46.30	47.00	70.00	20.0	29	0.0	0	>10	Fragm		Med. Alterada		esquistos cuarcítico		
47.00	47.45	45.00	33.0	73	30.0	91	3	2D+1F		Med. Alterada		esquistos cuarcítico		
47.45	48.00	55.00	50.0	91	50.0	100	3	2D+1F		Med. Alterada		esquistos cuarcítico	8	Flujo Laminar
48.00	48.90	90.00	80.0	89	60.0	75	7	5D+2F		Med. Alterada		esquistos cuarcítico		
48.90	49.28	38.00	20.0	53	0.0	0	>10	Fragm		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
49.28	49.72	44.00	23.0	52	0.0	0	>10	Fragm		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
49.72	50.40	68.00	65.0	96	20.0	31	15	10+5F		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
50.40	51.50	110.00	110.0	100	11.0	10	25	8D+17F		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
51.50	51.96	46.00	46.0	100	21.0	46	7	4D+3F		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
51.96	52.10	14.00	14.0	100	10.0	71	1	1D		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
52.10	52.75	65.00	65.0	100	10.0	15	13	1D+5F		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
52.75	53.06	31.00	30.0	97	18.0	60	3	3D		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
53.06	54.00	94.00	94.0	100	29.0	31	15	7D+8F		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo	3	Flujo Laminar
54.00	55.00	100.00	100.0	100	40.0	40	14	8D+6F		Med. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
55.00	56.40	140.00	140.0	100	90.0	64	13	5D+8F		Lig. Alterada		esquistos cuarzo micaceo		
56.40	57.75	135.00	134.0	99	110.0	82	6	2D+4F		Lig. Alterada		esquistos cuarcítico + clorita		
57.75	59.20	145.00	140.0	97	110.0	79	7	4D+3F		Lig. Alterada		esquistos cuarcítico + clorita		
59.20	60.00	80.00	73.0	91	70.0	96	3	1D+2F		Lig. Alterada		esquistos cuarcítico + clorita	13	Flujo Laminar
60.00	61.40	140.00	140.0	100	140.0	100	4	2D+2F		Lig. Alterada		esquistos cuarcítico + clorita		
61.40	62.80	140.00	125.0	89	120.0	96	5	3D+2F		Lig. Alterada		esquistos cuarcítico + clorita		
62.80	63.40	60.00	58.0	97	50.0	86	3	1D+2F		Lig. Alterada		esquistos cuarcítico + clorita		
63.40	64.70	130.00	126.0	97	120.0	95	3	2D+1F		Lig. Alterada		esquistos cuarcítico + clorita		
64.70	66.00	130.00	100.0	77	100.0	100	4	2D+2F		Lig. Alterada		esquistos cuarcítico + clorita	0	Impermeable

SONDEO: CZP1-166.7										ANEXO 1						
UBICACIÓN: Plinto izquierdo SECTOR 5										Tabla 3.A1.5						
TRAMO	Long	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA	ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON				
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/mb	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada	Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.						
0.00	1.10	110.00	0.0		0.0		0									
1.10	1.60	50.00	46.0	92	15.0	32.61	5	4D+1F	Ab	Lig.Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Cloríticos Micaceos				
1.60	2.00	40.00	35.0	88	0.0	0.00	>6	Fragmentado	Ab	Lig.Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Cloríticos Micaceos				
2.00	2.15	15.00	15.0	100	15.0	100.00	2	2D	Ab	Lig.Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Cloríticos Micaceos				
2.15	2.50	35.00	30.0	86	0.0	0.00	>5	Fragmentado	Ab	Lig.Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Cloríticos Micaceos				
2.50	3.00	50.00	36.0	72	0.0	0.00	>6	Fragmentado	Ab	Lig.Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Cloríticos Micaceos				
3.00	3.33	33.00	30.0	91	0.0	0.00	>5	Fragmentado	Ab	Lig.Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Cloríticos Micaceos				
3.33	3.90	57.00	43.0	75	0.0	0.00	>7	Fragmentado	Ab	Lig.Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos				
3.90	4.20	30.00	25.0	83	15.0	60.00	4	2D+2F	C	Fresca	Sin relleno	Esquistos Micaceos				
4.20	4.50	30.00	19.0	63	10.0	52.63	3	1F+2D	Ab	Fresca	Sin relleno	Esquistos Cuarzíticos Micaceos				
4.50	5.00	50.00	44.0	88	39.0	88.64	7	6D+1F	C	Fresca	Sin relleno	Esquistos Cuarzíticos Micaceos				
5.00	5.22	22.00	20.0	91	17.0	85.00	3	3D	C	Fresca	Sin relleno	Esquistos Cuarzíticos Micaceos				
5.22	5.58	36.00	35.0	97	25.0	71.43	4	3D+1F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
5.58	6.00	42.00	42.0	100	41.0	97.62	4	4D	C	Fresca	Sin relleno	Esquistos Micaceos				
6.00	6.43	43.00	30.0	70	20.0	66.67	3	2D+1F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
6.43	6.74	31.00	31.0	100	26.0	90.32	4	4D	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
6.74	7.00	26.00	23.0	88	20.0	86.96	3	3D	C	Fresca	Sin relleno	Esquistos Micaceos				
7.00	7.97	97.00	84.0	87	63.0	75.00	9	9D	C	Fresca	Sin relleno	Esquistos Micaceos				
7.97	9.00	103.00	102.0	99	74.0	72.55	8	7D+1F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
9.00	10.14	114.00	105.0	92	95.0	90.48	10	9D+1F	C	Fresca	Sin relleno	Esquistos Micaceos				
10.14	10.40	26.00	26.0	100	0.0	0.00	>5	Fragmentado	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
10.40	11.00	60.00	60.0	100	25.0	41.67	3	2D+1F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
11.00	11.40	40.00	20.0	50	19.0	95.00	1	1D	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
11.40	12.00	60.00	54.0	90	16.0	33.33	3	3D	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
12.00	12.80	60.00	40.0	50	20.0	50.00	4	3D+1F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
12.80	13.00	20.00	18.0	90	0.0	0.00	>4	Fragmentado	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
13.00	13.70	70.00	38.0	54	21.0	55.26	4	3D+1F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
13.70	14.00	30.00	30.0	100	20.0	66.67	4	3F+1D	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
14.00	14.40	40.00	29.0	72	10.0	34.48	3	2D+1F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
14.40	15.00	60.00	60.0	100	50.0	83.33	11	10F+1D	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
15.00	15.50	50.00	45.0	90	0.0	0.00	>8	Fragmentado	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
15.50	16.00	50.00	50.0	100	43.0	86.00	6	6D	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
16.00	16.50	50.00	40.0	80	10.0	25.00	4	3D+1F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
16.50	17.00	50.00	50.0	100	25.0	50.00	8	7D+1F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
17.00	17.50	50.00	20.0	40	0.0	0.00	>4	Fragmentado	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
17.50	18.00	50.00	49.0	98	12.0	24.49	3	1D+2F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
18.00	18.95	95.00	82.0	86	39.0	47.56	7	5D+2F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
18.95	19.77	82.00	38.0	46	0.0	0.00	>6	Fragmentado	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
19.77	20.00	23.00	23.0	100	0.0	0.00	>4	Fragmentado	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
20.00	20.25	25.00	20.0	80	0.0	0.00	>4	Fragmentado	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
20.25	21.00	75.00	75.0	100	74.0	96.67	6	6D	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
21.00	21.20	20.00	19.0	95	10.0	52.63	3	3D	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
21.20	21.59	39.00	34.0	87	19.0	55.88	3	3D	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
21.59	21.90	31.00	31.0	100	25.0	80.65	7	6D+1F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
21.90	22.60	70.00	62.0	89	45.0	72.58	9	9D	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
22.60	23.00	40.00	40.0	100	15.0	37.50	9	8D+1F	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
23.00	23.67	67.00	63.0	94	20.0	31.75	6	4F+2D	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				
23.67	24.00	33.00	32.0	97	30.0	93.75	3	3D	Ab	Lig.Alt	Oxidos	Esquistos Micaceos				

SONDEO: CZP1-166.7 UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 5							ANEXO 1 Tabla 3.A1.5						
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA	ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/mb Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Carrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
24.00	24.85	85.00	60.0	81	60.0	86.96	6	5D+1F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
24.85	25.00	15.00	14.0	93	14.0	100.00	3	2D+1F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
25.00	25.68	68.00	66.0	97	59.0	89.39	2	2D	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
25.68	26.00	32.00	32.0	100	29.0	90.63	4	4D	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
26.00	26.15	15.00	9.0	60	0.0	0.00	>3	Fragmentado	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
26.15	26.41	26.00	16.0	62	0.0	0.00	>4	Fragmentado	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
26.41	26.73	32.00	30.0	94	24.0	80.00	3	3D	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
26.73	27.20	47.00	23.0	49	0.0	0.00	>4	Fragmentado	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
27.20	27.60	40.00	36.0	90	10.0	27.78	5	3F+2D	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
27.60	27.78	18.00	17.0	94	0.0	0.00	>4	Fragmentado	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
27.78	28.00	22.00	21.0	95	0.0	0.00	>4	Fragmentado	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
28.00	28.44	44.00	26.0	59	10.0	38.46	3	2D+1F	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
28.44	29.12	68.00	59.0	87	20.0	33.90	5	4D+1F	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
29.12	30.00	88.00	77.0	88	50.0	64.94	10	9D+1F	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Micaceos	10
30.00	30.30	30.00	27.0	90	0.0	0.00	>5	Fragmentado	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
30.30	30.60	30.00	20.0	67	0.0	0.00	>4	Fragmentado	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
30.60	31.18	58.00	40.0	69	16.0	40.00	3	2D+1F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
31.18	31.73	55.00	52.0	95	20.0	38.46	8	7D+1F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
31.73	32.74	101.00	49.0	49	25.0	51.02	5	4D+1F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
32.74	33.40	66.00	58.0	88	15.0	25.86	8	7D+1F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
33.40	33.77	37.00	18.0	49	0.0	0.00	>4	Fragmentado	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
33.77	34.22	45.00	29.0	64	0.0	0.00	>10	Fragmentado	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
34.22	34.44	22.00	13.0	59	0.0	0.00	>10	Fragmentado	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
34.44	34.47	3.00	3.0	100	0.0	0.00	>15	Fragmentado	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
34.47	35.00	53.00	28.0	53	10.0	35.71	>9	1D+1F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Micaceos	
35.00	35.40	40.00	15.0	38	0.0	0.00	>6	2D+4F	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
35.40	36.00	60.00	25.0	42	0.0	0.00	>7	Fragmentado	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	34
36.00	36.63	63.00	57.0	90	17.0	29.82	8	4D+4F	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
36.63	37.40	77.00	33.0	43	33.0	100.00	1	1D	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
37.40	38.00	60.00	8.0	13	0.0	0.00	>2	Fragmentado	Ab	Lig. Alt- Med.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
38.00	38.90	90.00	30.0	33	0.0	0.00	>5	Fragmentado	Ab	Alt. Alter.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
38.90	39.55	65.00	60.0	92	0.0	0.00	>10	Fragmentado	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
39.55	40.30	75.00	40.0	53	0.0	0.00	>8	Fragmentado	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
40.30	41.00	70.00	35.0	50	12.0	34.29	9	6D+3F	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
41.00	42.00	100.00	55.0	55	10.0	16.18	>10	Fragmentado	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	23
42.00	42.76	76.00	68.0	89	54.0	79.41	6	4D+2F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
42.76	43.10	34.00	22.0	65	0.0	0.00	>4	Fragmentado	Ab	Alt. Alter.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
43.10	43.90	80.00	62.0	78	58.0	93.55	6	4D+2F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
43.90	44.20	30.00	13.0	43	0.0	0.00	>3	Fragmentado	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
44.20	44.80	60.00	40.0	67	12.0	30.00	9	6D+3F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
44.80	45.45	65.00	55.0	85	30.0	54.55	12	8D+4F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
45.45	46.16	73.00	57.0	78	42.0	73.68	5	3D+2F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
46.16	46.64	46.00	35.0	76	0.0	0.00	>6	Fragmentado	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
46.64	46.92	28.00	12.0	43	0.0	0.00	>3	Fragmentado	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
46.92	47.50	58.00	58.0	100	50.0	86.21	6	4D+2F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	
47.50	48.00	50.00	40.0	80	20.0	50.00	10	7D+3F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	35

SONDEO: CZP1-166.7							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 5							Tabla 3.A1.5							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/mb	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
48.00	48.30	30.00	24.0	80	34.0		12	8D+4F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
48.30	49.15	85.00	64.0	99	25.0	29.76	7	3D+4F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
49.15	50.15	100.00	100.0	100	35.0	35.00	20	15D+5F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
50.15	51.00	85.00	65.0	76	20.0	30.77	15	10D+5F	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
51.00	51.70	70.00	68.0	97	0.0	0.00	>10	Fragmentado	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
51.70	52.20	50.00	45.0	90	0.0	0.00	>10	Fragmentado	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
52.20	52.85	65.00	40.0	62	0.0	0.00	>10	Fragmentado	Ab	Med. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
52.85	53.30	45.00	0.0	0	0.0	0.00		NR	Ab	Alt. Alter.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
53.30	54.00	70.00	30.0	43	0.0	0.00	>6	Fragmentado	Ab	Alt. Alter.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	43	Dilatación
54.00	54.70	70.00	50.0	71	0.0	0.00	>10	Fragmentado	Ab	Alt. Alter.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
54.70	55.00	30.00	30.0	100	0.0	0.00	>15	Fragmentado	Ab	Alt. Alter.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
55.00	55.74	74.00	37.0	50	10.0	27.03	6	4D+2F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
55.74	56.60	86.00	67.0	78	45.0	67.16	10	3D+7F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
56.60	57.50	90.00	80.0	89	60.0	75.00	9	6D+3F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
57.50	58.40	90.00	75.0	83	15.0	20.00	10	9D+1F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
58.40	58.80	40.00	34.0	85	17.0	50.00	8	3D+5F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
58.80	60.00	120.00	110.0	92	40.0	36.36	12	10D+2F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	25	Dilatación
60.00	60.30	30.00	25.0	83	0.0	0.00	>13	NR	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
60.30	60.67	37.00	30.0	81	15.0	50.00	7	2D+5F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
60.67	61.73	106.00	94.0	89	50.0	53.19	12	9D+3F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
61.73	62.00	27.00	25.0	93	22.0	88.00	3	1D+2F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
62.00	62.65	65.00	30.0	46	12.0	40.00	4	3D+1F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
62.65	63.70	105.00	100.0	95	45.0	45.00	11	1D+10F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
63.70	64.28	58.00	40.0	69	0.0	0.00		NR	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
64.28	65.00	72.00	40.0	56	10.0	25.00	7	5D+2F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos		
65.00	66.00	100.00	95.0	95	35.0	36.84	13	10D+3F	Ab	Lig. Alt.	Oxidos	Esquistos Cuarzíticos Micaceos	35	Dilatación



SONDEO: CZS-192.6							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 6							Tabla 3.A1.6							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
0.00	3.00	300.00										HORMIGON	-	-
3.00	3.45	45.00	43.0	96	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido	Esquisto cuarcítico con intercalaciones de esquisto micáceo.	>100	Flujo Turbulento
3.45	3.95	50.00	15.0	30	0.0	0.00	6	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
3.95	4.50	55.00	17.0	31	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla+CO3			
4.50	4.90	40.00	28.0	65	0.0	0.00	7	4F+Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
4.90	5.13	23.00	20.0	87	0.0	0.00	4	4F+Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
5.13	5.50	37.00	0.0	0	0.0	0.00	9	NR						
5.50	6.00	50.00	30.0	60	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
6.00	6.15	15.00	12.0	80	0.0	0.00	3	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
6.15	6.60	45.00	18.0	40	0.0	0.00	7	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
6.60	6.90	30.00	23.0	77	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
6.90	7.45	55.00	50.0	91	12.0	24.00	9	7D+2F	Ab	Media	Oxido+Arcilla	Esquisto cuarcítico, gris medianamente fracturado, con alteración media, poco foliado, superficies de fractura oxidadas y abiertas, algunas rellenas con arcillas.	>100	-
7.45	7.85	40.00	37.0	93	20.0	54.05	6	3D+3F	Ab	Media	Oxido+Arcilla			
7.85	8.45	60.00	52.0	87	0.0	0.00	13	2D+11F	Ab	Media	Oxido+Arcilla			
8.45	9.00	55.00	55.0	100	33.0	60.00	8	4D+4F	Ab	Media	Oxido+Arcilla			
9.00	9.65	65.00	60.0	92	15.0	25.00	10	4D+6F	Ab	Media	Oxido			
9.65	10.15	50.00	45.0	90	0.0	0.00	8	4D+4F	Ab	Media	Oxido			
10.15	10.75	60.00	50.0	83	0.0	0.00	12	8D+4F	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
10.75	11.30	55.00	55.0	100	0.0	0.00	13	10D+3F	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
11.30	12.00	70.00	30.0	43	10.0	33.33	7	3D+4F	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
12.00	12.50	50.00	45.0	90	14.0	31.11	12	3D+9F	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
12.50	13.00	50.00	20.0	40	0.0	0.00	8	3F+NR	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
13.00	13.50	50.00	30.0	60	0.0	0.00	8	Fragm	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
13.50	14.00	50.00	46.0	92	0.0	0.00	15	6D+9F	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
14.00	14.50	50.00	47.0	94	10.0	21.28	14	4D+10F	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
14.50	15.00	50.00	10.0	20	0.0	0.00	8	Fract Nat+NR	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla			
15.00	15.50	50.00	45.0	90	28.0	62.22	8	2D+6F	Ab	Media-Alta	Oxido	Esquistos cuarcíticos gris medianamente foliado, fracturación media, superficies oxidadas	>100	-
15.50	16.30	80.00	70.0	87	32.0	45.71	8	2D+6F	Ab	Media-Alta	Oxido			
16.30	16.50	20.00	20.0	100	0.0	0.00	6	1D+5F	Ab	Media-Alta	Oxido			
16.50	17.00	50.00	45.0	90	10.0	22.22	11	4D+7F	Ab	Media-Alta	Oxido			
17.00	17.40	40.00	20.0	50	0.0	0.00	8	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
17.40	18.00	60.00	50.0	83	40.0	80.00	7	3D+4F	Ab	Media-Alta	Oxido			
18.00	18.70	70.00	40.0	57	0.0	0.00	10	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
18.70	19.50	80.00	70.0	87	44.0	62.86	12	5D+7F	Ab	Media-Alta	Oxido			
19.50	19.90	40.00	35.0	88	0.0	0.00	6	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
19.90	20.50	60.00	35.0	58	0.0	0.00	8	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
20.50	21.00	50.00	28.0	56	0.0	0.00	8	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido	Intercalación de esquistos cuarcíticos y cuarcitas, poco foliadas. Altamente fracturadas, superficies con óxidos.	>100	-

SONDEO: CZS-192.6							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 6							Tabla 3.A1.6							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos. Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
21.00	21.35	35.00	20.0	57	0.0	0.00	4	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido	Esquisto cuarcítico gris claro, foliación media, fracturado por planos de foliación, superficies oxidadas.	>100	-
21.35	22.00	65.00	40.0	62	0.0	0.00	6	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
22.00	22.50	50.00	45.0	90	0.0	0.00	12	2D+10F	Ab	Media	Oxido			
22.50	23.00	50.00	50.0	100	0.0	0.00	5	3D+2F	Ab	Media	Oxido			
23.00	23.50	50.00	48.0	96	15.0	31.25	11	3D+8F	Ab	Media	Oxido			
23.50	24.00	50.00	48.0	96	12.0	25.00	8	3D+5F	Ab	Media	Oxido+Arcilla			
24.00	24.45	45.00	38.0	84	0.0	0.00	9	4D+5F	Ab	Media	Oxido			
24.45	25.00	55.00	35.0	64	0.0	0.00	9	4D+5F	Ab	Media-Alta	Oxido			
25.00	25.32	32.00	10.0	31	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
25.32	25.70	38.00	17.0	45	0.0	0.00	6	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
25.70	26.20	50.00	50.0	100	10.0	20.00	7	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
26.20	26.35	15.00	13.0	87	0.0	0.00	3	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
26.35	26.60	25.00	25.0	100	0.0	0.00	4	Fract Nat+3F	Ab	Media-Alta	Oxido			
26.60	27.05	45.00	40.0	89	0.0	0.00	12	12F	Ab	Media-Alta	Oxido			
27.05	27.35	30.00	30.0	100	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
27.35	28.05	70.00	60.0	86	13.0	21.67	10	Fract Nat+7F	Ab	Media-Alta	Oxido			
28.05	28.70	65.00	60.0	92	0.0	0.00	20	5D+15F	Ab	Media-Alta	Oxido			
28.70	28.90	20.00	20.0	100	0.0	0.00	5	3D+2F	Ab	Media-Alta	Oxido			
28.90	29.85	95.00	90.0	95	10.0	11.11	16	6D+10F	Ab	Media-Alta	Oxido			
29.85	30.00	15.00	15.0	100	0.0	0.00	7	3D+4F	Ab	Media-Alta	Oxido			
30.00	30.35	35.00	32.0	91	13.0	40.63	5	3D+2F	Ab	Media	Oxido			
30.35	31.05	70.00	70.0	100	20.0	28.57	13	10D+3F	Ab	Media	Oxido			
31.05	31.80	75.00	64.0	85	22.0	34.38	10	6D+4F	Ab	Media	Oxido			
31.80	32.35	55.00	50.0	91	0.0	0.00	7	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
32.35	32.85	50.00	46.0	92	0.0	0.00	7	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
32.85	33.15	30.00	22.0	73	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
33.15	34.00	85.00	80.0	94	35.0	43.75	14	6D+8F	Ab	Media	Oxido			
34.00	34.50	50.00	16.0	32	0.0	0.00	7	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
34.50	34.70	20.00	12.0	60	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
34.70	35.00	30.00	12.0	40	0.0	0.00	6	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
35.00	35.25	25.00	20.0	80	0.0	0.00	6	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
35.25	35.50	25.00	25.0	100	0.0	0.00	6	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
35.50	36.00	50.00	25.0	50	0.0	0.00	7	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
36.00	36.60	60.00	55.0	92	0.0	0.00	8	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
36.60	37.85	125.00	115.0	92	65.0	56.82	14	Fract Nat+5F	Ab	Media	Oxido			
37.85	38.35	50.00	42.0	84	30.0	71.43	6	2D+4F	Ab	Media	Oxido			
38.35	39.45	110.00	110.0	100	26.0	23.64	13	4F+Fract Nat	Ab	Media	Oxido			

Esquistos cuarcíticos micaceos bien foliados, meteorización media-alta, muy fracturado por planos de foliación, intercalado con esquistos cuarcíticos medianamente foliados de color gris, tramos muy fracturados naturalmente, superficies oxidadas, esporádica presencia de cuarzo lechoso.

Intercalación de esquistos cuarcíticos y esquistos cuarcíticos micaceos, color gris, muy fracturado, superficies de fractura ligeramente oxidado, sectores con porosidad.

Flujo Turbulento

SONDEO: CZS-192.6							ANEXO 1								
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 6							Tabla 3.A1.6								
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	ROD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON	
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos. Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.				
39.45	39.70	25.00	22.0	88	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido	Intercalación de esquistos cuarcíticos y cuarcitas altamente fracturados, superficies oxidadas y esporádicos nódulos de cuarzo, en sectores con trazas de Py	4	Flujo Laminar	
39.70	40.00	30.00	20.0	67	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido				
40.00	40.30	30.00	25.0	83	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido				
40.30	40.65	35.00	25.0	71	0.0	0.00	6	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido				
40.65	41.00	35.00	25.0	71	0.0	0.00	6	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido				
41.00	41.20	20.00	15.0	75	0.0	0.00	4	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido				
41.20	41.35	15.00	13.0	87	0.0	0.00	4	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido				
41.35	41.65	30.00	20.0	67	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido+Py				
41.65	42.00	35.00	25.0	71	0.0	0.00	6	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido+Py				
42.00	42.60	60.00	40.0	67	0.0	0.00	8	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido				
42.60	43.00	40.00	0.0	0	0.0	0.00	6	NR				Esquistos micaeos intercalados con esquistos cuarcíticos muy foliados altamente fracturados, superficies de fractura oxidados, esporádicos nódulos de cuarzo. Presenta tramos con abundante porosidad. Fracturas paralelas a los planos de foliación.			
43.00	43.25	25.00	0.0	0	0.0	0.00	5	NR							
43.25	43.50	25.00	0.0	0	0.0	0.00	5	NR							
43.50	43.80	30.00	25.0	83	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido+Arcilla				
43.80	44.20	40.00	35.0	87	12.0	34.29	6	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido				
44.20	44.75	55.00	45.0	82	0.0	0.00	8	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido				
44.75	45.10	35.00	25.0	71	0.0	0.00	5	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido				
45.10	45.50	40.00	40.0	100	10.0	25.00	11	3D+9F	Ab	Media	Oxido				
45.50	46.00	50.00	47.0	94	20.0	42.55	12	4D+8F	Ab	Media	Oxido				
46.00	46.50	50.00	43.0	86	14.0	32.56	10	3D+7F	Ab	Media	Oxido				
46.50	47.10	60.00	45.0	75	11.0	24.44	11	3D+8F	Ab	Media	Oxido				
47.10	47.50	40.00	36.0	90	0.0	0.00	6	3D+3F	Ab	Media	Oxido				
47.50	48.00	50.00	50.0	100	0.0	0.00	15	5D+10F	Ab	Media	Oxido				
48.00	48.60	60.00	55.0	92	0.0	0.00	15	3D+12F	Ab	Media-Alta	Oxido				
48.60	48.80	20.00	20.0	100	0.0	0.00	8	2D+6F	Ab	Media-Alta	Oxido				
48.80	49.25	45.00	40.0	89	0.0	0.00	7	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido				
49.25	49.90	65.00	60.0	92	0.0	0.00	9	Fract Nat	Ab	Media	Oxido				
49.90	50.65	75.00	65.0	87	10.0	15.38	12	3D+9F	Ab	Media	Oxido				
50.65	51.45	80.00	70.0	87	23.0	32.86	13	3D+10F	Ab	Media	Oxido				
51.45	51.65	20.00	20.0	100	0.0	0.00	4	Fract Nat	Ab	Media	Oxido				
51.65	52.50	85.00	75.0	88	11.0	14.67	11	Fract Nat	Ab	Media	Oxido				
52.50	53.00	50.00	50.0	100	40.0	60.00	5	2D+3F	Ab	Media	Oxido				
53.00	53.40	40.00	35.0	88	0.0	0.00	9	3D+6F	Ab	Media	Oxido				
53.40	54.00	60.00	55.0	92	0.0	0.00	17	5D+12F	Ab	Media	Oxido				
												37	Lavado de relleno		



SONDEO: CZS-192.6							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 6							Tabla 3.A1.6							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#l/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos. Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
54.00	54.50	50.00	50.0	100	40.0	80.00	7	1D+6F	Ab	Media	Oxido	Esquistos cuarcíticos color gris, muy fracturado, sectores con porosidades, superficies oxidadas, ligera presencia de carbonatos, sectores con alteración media-alta.	>100	-
54.50	54.90	40.00	30.0	75	13.0	43.33	6	2D+4F	Ab	Media	Oxido			
54.90	55.50	60.00	45.0	75	0.0	0.00	8	Fract Nat	Ab	Media-Alta	Oxido			
55.50	56.20	70.00	65.0	93	10.0	15.38	9	Fract Nat+4D+6F	Ab	Media-Alta	Oxido			
56.20	56.90	70.00	65.0	93	30.0	46.15	10	4D+6F	Ab	Ligera	Oxido			
56.90	57.70	80.00	72.0	90	55.0	76.39	6	1D+5F	Ab	Ligera	Oxido			
57.70	58.50	80.00	80.0	100	35.0	43.75	13	5D+8F	Ab	Ligera	Oxido			
58.50	59.60	110.00	100.0	91	50.0	50.00	17	3D+14F	Ab	Ligera	Oxido			
59.60	60.00	40.00	40.0	100	33.0	82.50	4	1D+3F	Ab	Ligera	Oxido			
60.00	60.55	55.00	50.0	91	30.0	60.00	5	1D+4F	Ab	Ligera	Oxido			
60.55	61.00	45.00	45.0	100	22.0	48.89	6	3D+5F	Ab	Ligera	Oxido			
61.00	61.50	50.00	50.0	100	40.0	60.00	4	2D+2F	Ab	Ligera	Oxido			
61.50	61.95	45.00	45.0	100	0.0	0.00	7	Fract Mec+Nat	Ab	Ligera	Oxido			
61.95	62.70	75.00	70.0	93	45.0	64.29	9	3D+6F	Ab	Ligera	Oxido	9	Flujo Laminar	

SONDEO: CZP-223.1							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 7							Tabla 3.A1.7							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
0.00	1.00	100.00										Hormigón		
1.00	1.55	55.00										Hormigón		
1.55	1.70	15.00	13.0	87	0.0	0.00	4	4D	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico		
1.70	1.90	20.00	11.0	55	0.0	0.00	6	3F-3D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
1.90	2.00	10.00	10.0	100	0.0	0.00	7	3F-4D	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
2.00	2.20	20.00	12.0	60	0.0	0.00	6	6D	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico		
2.20	2.45	25.00	15.0	60	0.0	0.00	5	3F-2D	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico		
2.45	3.00	55.00	20.0	36	0.0	0.00	10	7F-3D	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico	>100	-
3.00	3.50	50.00	15.0	30	10.0	66.67	9	8F-1D	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico		
3.50	4.00	50.00	13.0	26	0.0	0.00	7	8F-1D	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico		
4.00	4.50	50.00	23.0	46	15.0	65.22	6	4F-2D	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico		
4.50	5.00	50.00	13.0	26	0.0	0.00	5	4F-1D	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico		
5.00	5.50	50.00	30.0	60	0.0	0.00	16	10F-6D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo		
5.50	6.00	50.00	35.0	70	0.0	0.00	9	4F-5D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo	>100	-
6.00	6.50	50.00	10.0	20	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo		
6.50	7.00	50.00	25.0	50	0.0	0.00	12	6F-6D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo		
7.00	7.20	20.00	9.0	45	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	SiO2-Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo		
7.20	7.50	30.00	18.0	60	0.0	0.00	7	6F-1D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo		
7.50	8.00	50.00	10.0	20	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	SiO2	Esquisto Clorítico Micaceo		
8.00	8.20	20.00	10.0	50	0.0	0.00	5	2F-3D	Abierta	Debil	Oxido-Arcilla	Esquisto Clorítico Micaceo		
8.20	8.55	35.00	5.0	14	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo		
8.55	9.00	45.00	14.0	31	0.0	0.00	8	5F-3D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo	>100	-
9.00	9.25	25.00	22.0	88	0.0	0.00	7	6F-1D	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo		
9.25	9.95	70.00	20.0	29	0.0	0.00	7	6F-1D	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo		
9.95	10.00	5.00	5.0	100	0.0	0.00	1	1F	Cerrada	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo		
10.00	10.40	40.00	25.0	62	0.0	0.00	8	5F-3D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo		
10.40	10.55	15.00	10.0	67	0.0	0.00	5	2F-3D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Clorítico Micaceo		
10.55	11.00	45.00	26.0	58	15.0	57.69	5	4F-1D	Abierta	Debil	SiO2-Arcilla	Esquisto Cuarzo Clorítico		
11.00	11.50	50.00	29.0	58	0.0	0.00	7	3F-4D	Abierta	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Clorítico		
11.50	11.70	20.00	5.0	25	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	Arcilla	Esquisto Cuarzo Clorítico		
11.70	12.00	30.00	12.0	40	0.0	0.00	7	4F-3D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico	>100	-
12.00	12.40	40.00	7.0	18	0.0	0.00	6	4F-2D	Abierta	Debil	Oxido-Arcilla	Esquisto Cuarzo Clorítico		
12.40	12.90	50.00	0.0	0	0.0	0.00		Fragm	Abierta	Debil	Oxido-Arcilla	Esquisto Cuarzo Clorítico		
12.90	13.00	10.00	6.0	60	0.0	0.00	2	1F-1D	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico		
13.00	13.50	50.00	45.0	90	11.0	24.44	6	3F-3D	Abierta	Debil	SiO2-Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
13.50	14.00	50.00	40.0	80	20.0	50.00	6	3F-3D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
14.00	14.50	50.00	35.0	70	0.0	0.00	10	5F-5D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico		
14.50	15.00	50.00	40.0	80	18.0	45.00	5	3F-2D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico	>100	-

SONDEO: CZP-223.1							ANEXO 1								
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 7							Tabla 3.A1.7								
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON	
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada	Patinas de oxid. Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.					
15.00	15.50	50.00	35.0	70	0.0	0.00	7	4F-3D	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico			
15.50	16.00	50.00	40.0	80	0.0	0.00	8	5F-3D	Abierta	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzo Clorítico			
16.00	16.50	50.00	45.0	90	10.0	22.22	11	9F-2D	Abierta	Moderada	SiO2-Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
16.50	17.00	50.00	49.0	98	0.0	0.00	14	10F-4D	Abierta	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
17.00	17.50	50.00	49.0	98	26.0	53.06	8	5F-3D	Ab-C	Moderada	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
17.50	18.00	50.00	48.0	96	26.0	54.17	10	7F-3D	Ab-C	Moderada	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico	>100	-	
18.00	18.50	50.00	47.0	94	26.0	59.57	9	5F-4D	Ab-C	Moderada	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
18.50	19.00	50.00	35.0	70	20.0	57.14	6	4F-2D	Ab-C	Moderada	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Clorítico			
19.00	19.50	50.00	40.0	80	16.0	45.00	8	4F-2D	Ab-C	Moderada	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
19.50	20.00	50.00	34.0	68	12.0	35.29	5	3F-2D	Ab-C	Moderada	Oxido	Esquisto Cuarzo Clorítico			
20.00	20.50	50.00	30.0	60	0.0	0.00	5	4F-1D	Ab-C	Moderada	Oxido	Esquisto Cuarzo Micaceo			
20.50	21.00	50.00	35.0	70	0.0	0.00	8	6F-2D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Micaceo	>100	-	
21.00	21.50	50.00	37.0	74	16.0	43.24	8	6F-2D	Ab-C	Moderada	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Micaceo			
21.50	22.00	50.00	46.0	92	32.0	69.57	9	6F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Micaceo			
22.00	22.50	50.00	40.0	80	20.0	50.00	9	5F-4D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Micaceo			
22.50	23.00	50.00	30.0	60	15.0	50.00	13	10F-3D	Ab-C	Moderada	Oxido	Esquisto Cuarzo Micaceo			
23.00	23.50	50.00	30.0	60	11.0	36.67	11	7F-4D	Ab-C	Moderada	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Micaceo			
23.50	24.00	50.00	40.0	80	10.0	25.00	10	7F-3D	Ab-C	Moderada	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Micaceo	20	Lavado de relleno	
24.00	24.50	50.00	20.0	40	0.0	0.00		Fragm	Ab	Moderada	Oxido	Esquisto Cuarzo Micaceo			
24.50	25.00	50.00	30.0	60	0.0	0.00	7	3F-4D	Ab-C	Moderada	Oxido	Esquisto Cuarzo Micaceo			
25.00	25.50	50.00	46.0	92	26.0	60.87	8	4F-4D	Ab-C	Moderada	Oxido	Esquisto Cuarzo Micaceo			
25.50	26.00	50.00	30.0	60	0.0	0.00		Fragm	Ab	Moderada	Oxido	Esquisto Cuarzo Micaceo			
26.00	26.50	50.00	20.0	40	0.0	0.00		Fragm	Ab	Moderada	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Micaceo			
26.50	27.00	50.00	30.0	60	0.0	0.00		Fragm	Ab	Moderada	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Micaceo			
27.00	27.50	50.00	44.0	88	32.0	72.73	7	4F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico			
27.50	28.00	50.00	33.0	66	13.0	39.39	6	3F-3D	Ab	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzítico			
28.00	28.50	50.00	40.0	80	14.0	35.00	8	4F-4D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3-SiO2	Esquisto Cuarzítico			
28.50	29.00	50.00	38.0	76	15.0	39.47	8	5F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-SiO2-CO3	Esquisto Cuarzítico			
29.00	29.50	50.00	28.0	56	0.0	0.00		Fragm	Ab	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzítico			
29.50	30.00	50.00	34.0	68	13.0	38.24	10	6F-4D	Ab	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzítico	6	Flujo Laminar	
30.00	30.50	50.00	25.0	50	0.0	0.00	10	6F-4D	Ab	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzítico			
30.50	31.00	50.00	34.0	68	14.0	41.18	9	5F-4D	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico			
31.00	31.50	50.00	30.0	60	12.0	40.00	9	3F-6D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico			
31.50	32.00	50.00	40.0	80	11.0	27.50	6	3F-3D	Ab	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzítico			
32.00	32.50	50.00	28.0	56	0.0	0.00	5	Fragm	Ab	Debil	Oxido-SiO2-CO3	Esquisto Cuarzítico			
32.50	33.00	50.00	24.0	48	11.0	45.83	8	5F-3D	Ab	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzítico			
33.00	33.50	50.00	29.0	58	0.0	0.00	5	Fragm	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico			
33.50	34.00	50.00	23.0	46	0.0	0.00	5	Fragm	Ab	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzítico			
34.00	34.50	50.00	35.0	70	0.0	0.00	5	Fragm	Ab	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzítico			
34.50	35.00	50.00	38.0	76	11.0	28.95	8	4F-4D	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico			
35.00	35.50	50.00	44.0	88	27.0	61.36	9	6F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-SiO2-CO3	Esquisto Cuarzítico			
35.50	36.00	50.00	39.0	78	26.0	71.79	5	3F-2D	Ab-C	Debil	Oxido	Esquisto Cuarzítico	13	Lavado de relleno	

SONDEO: CZP-223.1							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 7							Tabla 3.A1.7							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
36.00	36.50	50.00	38.0	76	16.0	42.11	11	9F-4D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico	35	Lavado de relleno
36.50	37.00	50.00	36.0	72	23.0	63.89	7	4F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
37.00	37.50	50.00	45.0	90	39.0	86.67	10	7F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
37.50	38.00	50.00	35.0	70	19.0	54.29	8	3F-5D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
38.00	38.50	50.00	44.0	88	33.0	75.00	9	6F-3D	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
38.50	39.00	50.00	40.0	80	22.0	55.00	8	4F-4D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
39.00	39.50	50.00	49.0	98	46.0	97.96	5	3F-2D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
39.50	40.00	50.00	46.0	92	29.0	63.04	8	5F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-SiO2	Esquisto Cuarzítico		
40.00	40.50	50.00	37.0	74	25.0	67.57	6	3F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
40.50	41.00	50.00	40.0	80	18.0	45.00	9	5F-4D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
41.00	41.50	50.00	40.0	80	12.0	30.00	9	5F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
41.50	42.00	50.00	25.0	50	10.0	40.00	8	5F-2D	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
42.00	42.50	50.00	38.0	76	20.0	52.63	7	4F-2D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
42.50	43.00	50.00	36.0	72	0.0	0.00	5	Fragm	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
43.00	43.50	50.00	16.0	32	10.0	62.50	3	2F-1D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
43.50	44.00	50.00	30.0	60	10.0	33.33	5	3F-2D	Ab	Debil	Oxido-CO3-SiO2	Esquisto Cuarzítico		
44.00	44.50	50.00	31.0	62	12.0	38.71	6	4F-2D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3-SiO2	Esquisto Cuarzítico		
44.50	45.00	50.00	36.0	72	0.0	0.00	8	5F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
45.00	45.50	50.00	44.0	88	31.0	70.45	8	5F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
45.50	46.00	50.00	45.0	90	44.0	97.76	7	5F-2D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
46.00	46.50	50.00	46.0	92	37.0	80.43	8	3F-5D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
46.50	47.00	50.00	43.0	86	36.0	83.72	9	6F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
47.00	47.50	50.00	46.0	92	26.0	56.52	6	3F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
47.50	48.00	50.00	32.0	64	22.0	68.75	6	3F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
48.00	48.50	50.00	32.0	64	0.0	0.00	5	Fragm	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
48.50	49.00	50.00	37.0	74	18.0	48.65	5	3F-2D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
49.00	49.50	50.00	37.0	74	0.0	0.00	5	NR	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
49.50	50.00	50.00	23.0	46	0.0	0.00	5	Fragm	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
50.00	50.50	50.00	39.0	78	28.0	71.79	6	4F-2D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
50.50	51.00	50.00	33.0	66	24.0	72.73	6	4F-2D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
51.00	51.50	50.00	21.0	42	0.0	0.00	5	Fragm	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
51.50	52.00	50.00	13.0	26	0.0	0.00	5	Fragm	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
52.00	52.50	50.00	20.0	40	0.0	0.00	5	Fragm	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzítico		
52.50	53.00	50.00	35.0	70	31.0	68.57	2	2D	Ab	Debil	Oxido-CO3-SiO2	Cuarzita		
53.00	53.60	60.00	57.0	95	52.0	91.23	6	5F-1D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Cuarzita		
53.60	54.00	40.00	40.0	100	33.0	82.50	2	2D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3-SiO2	Cuarzita		
54.00	55.00	100.00	98.0	96	74.0	75.51	19	15F-4D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Micaceo	57	Flujo turbulento

SONDEO: CZP-223.1							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto izquierdo SECTOR 7							Tabla 3.A1.7							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
55.00	56.00	100.00	94.0	94	59.0	62.77	10	6F-4D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3-SiO2	Esquisto Cuarzo Micaceo	9	Flujo laminar
56.00	56.50	50.00	46.0	92	36.0	62.61	8	5F-3D	Ab-C	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Cuarzo Micaceo		
56.50	57.00	50.00	44.0	88	26.0	59.09	5	3F-2D	Ab	Debil	Oxido-CO3-SiO2	Esquisto Cuarzo Micaceo		
57.00	57.50	50.00	40.0	80	0.0	0.00	5	Fragm	Ab-C	Moderada	Oxido-CO3	Esquisto Micaceo Cuarcitico		
57.50	58.00	50.00	33.0	66	0.0	0.00	5	Fragm	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Micaceo Cuarcitico		
58.00	58.50	50.00	32.0	64	0.0	0.00	5	Fragm	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Micaceo Cuarcitico		
58.50	59.00	50.00	38.0	76	0.0	0.00	5	Fragm	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Micaceo Cuarcitico		
59.00	59.50	50.00	43.0	86	29.0	67.44	12	8F-4D	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Micaceo Cuarcitico		
59.50	60.00	50.00	45.0	90	35.0	77.76	7	4F-3D	Ab	Debil	Oxido-CO3	Esquisto Micaceo Cuarcitico		



SONDEO: CZP 250.2							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Pínto izquierdo				SECTOR 8			Tabla 3.A1.8							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
0.00	1.70	170.00												
1.70	2.40	70.00	30.0	43	10.0	33.33	3	2D+1F	Ab	Med. Alt.	oxidos	Hormigon		
2.40	3.00	60.00	55.0	92	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo	>100	-
3.00	3.60	60.00	20.0	33	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
3.60	4.00	40.00	38.0	95	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
4.00	4.85	85.00	30.0	35	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
4.85	5.00	15.00	15.0	100	15.0	100.00	6	3D+3F	C	Med. Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micaceo		
5.00	5.40	40.00	36.0	90	13.0	36.11	1	1D	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micaceo		
5.40	6.00	60.00	60.0	100	0.0	0.00		fragm.	Ab	Lig. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo	>100	-
6.00	6.30	30.00	27.0	90	10.0	37.04	4	2D+2F	C	Med. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
6.30	7.20	90.00	63.0	70	34.0	53.97	5	2D+3F	Ab	Med. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
7.20	7.75	55.00	45.0	82	28.0	62.22	5	2D+3F	C	Med. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
7.75	8.65	90.00	87.0	97	62.0	71.26	6	3D+3F	C	Med. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
8.65	9.00	35.00	30.0	86	28.0	93.33	2	3D+2F	C	Med. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo	>100	-
9.00	10.15	115.00	100.0	87	92.0	92.00	7	5D+2F	Ab	Med. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
10.15	11.35	120.00	105.0	88	60.0	57.14	8	5D+3F	Ab	Lig. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo	>100	-
11.35	12.00	65.00	62.0	95	58.0	93.55	4	2D+2F	Ab	Lig. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
12.00	12.50	50.00	49.0	98	10.0	20.41	6	3D+3F	Ab	Lig. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
12.50	13.00	50.00	50.0	100	12.0	24.00	5	4D+1F	Ab	Lig. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
13.00	13.50	50.00	32.0	64	0.0	0.00		fragm.	Ab	Lig. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
13.50	13.70	20.00	20.0	100	0.0	0.00		fragm.	Ab	Lig. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
13.70	14.35	65.00	60.0	92	29.0	46.33	7	4D+3F	C	Lig. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
14.35	15.00	65.00	59.0	91	14.0	23.73	10	6D+4F	C	Lig. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo	>100	-
15.00	15.30	30.00	13.0	43	0.0	0.00		fragm.	Ab	Lig. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
15.30	16.00	70.00	70.0	100	34.0	48.57	6	4D+2F	C	Lig. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
16.00	16.30	30.00	0.0		0.0			NR						
16.30	17.10	80.00	72.0	90	35.0	48.61	5	4D+1F	C	No Alt.	sin relleno	Cuarcita		
17.10	18.00	90.00	79.0	88	48.0	60.76	6	3D+3F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micaceo	>100	-
18.00	18.87	87.00	61.0	70	44.0	72.13	5	4D+1F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micaceo		
18.87	19.19	32.00	32.0	100	12.0	37.50	2	1D+1F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micaceo		
19.19	19.60	41.00	33.0	80	16.0	48.48	4	2D+2F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micaceo		
19.60	20.00	40.00	40.0	100	22.0	55.00	7	5D+2F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micaceo		
20.00	21.00	100.00	73.0	73	45.0	61.64	7	4D+3F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micaceo	>100	-
21.00	21.60	60.00	0.0		0.0			NR						
21.60	22.20	60.00	22.0	37	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	oxidos	Esquisto cuarzo micaceo		
22.20	22.70	50.00	24.0	48	10.0	41.67	7	5D+2F	C	Med. Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micaceo		
22.70	23.40	70.00	49.0	70	36.0	73.47	2	4D+1F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micaceo		
23.40	24.00	60.00	46.0	77	25.0	54.35	8	4D+4F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micaceo	>100	-

SONDEO: CZP 250.2										ANEXO 1					
UBICACIÓN: Pinto Izquierdo SECTOR 8										Tabla 3.A1.8					
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON	
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.				
24.00	25.15	115.00	85.0	74	35.0	41.18	5	3D+2F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micáceo			
25.15	25.89	74.00	70.0	95	25.0	35.71	7	6D+1F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micáceo			
25.89	26.30	41.00	39.0	95	13.0	33.33	4	4D	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micáceo			
26.30	26.85	55.00	53.0	96	38.0	71.70	5	3D+2F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micáceo			
26.85	27.35	50.00	45.0	90	0.0	0.00		fragm.	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
27.35	28.40	105.00	69.0	66	37.0	53.62	5	3D+2F	C	No Alt.	sin relleno	Cuarcita			
28.40	29.15	75.00	34.0	45	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
29.15	30.00	65.00	36.0	42	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo	70	Dilatación	
30.00	30.50	50.00	29.0	58	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
30.50	31.00	50.00	25.0	56	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
31.00	31.45	45.00	34.0	76	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
31.45	32.76	131.00	24.0	18	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
32.76	33.05	29.00	22.0	76	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
33.05	34.08	103.00	45.0	44	12.0	26.67	3	2D+1F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micáceo			
34.08	34.44	36.00	28.0	78	13.0	46.43	7	4D+2F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micáceo			
34.44	35.05	81.00	46.0	75	15.0	32.61	9	5D+4F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micáceo			
35.05	36.00	95.00	50.0	53	25.0	50.00	12	7D+5F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micáceo	18	Dilatación	
36.00	37.70	170.00	123.0	72	95.0	77.24	14	12D+4F	C	No Alt.	sin relleno	Esquisto cuarzo micáceo			
37.70	38.20	50.00	28.0	56	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
38.20	39.00	80.00	30.0	38	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
39.00	39.90	90.00	46.0	51	0.0	0.00		fragm.	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
39.90	40.20	30.00	20.0	67	12.0	60.00	3	2D+1F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
40.20	40.90	70.00	70.0	100	50.0	71.43	5	2D+3F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
40.90	41.50	60.00	60.0	100	60.0	100.00	4	1D+3F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
41.50	42.01	51.00	46.0	90	30.0	65.22	3	3F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo	1	Flujo Laminar	
42.01	42.60	59.00	57.0	97	32.0	56.14	4	1D+3F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
42.60	43.20	60.00	54.0	90	35.0	64.81	4	1D+4F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Metavolcánicos			
43.20	44.30	110.00	110.0	100	56.0	50.91	7	5D+2F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Metavolcánicos			
44.30	45.05	75.00	65.0	87	42.0	64.62	6	3D+3F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Metavolcánicos			
45.05	45.55	50.00	47.0	94	36.0	76.60	5	4D+1F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Metavolcánicos			
45.55	46.60	105.00	76.0	72	45.0	59.21	4	3D+1F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Metavolcánicos			
46.60	47.05	45.00	44.0	98	30.0	68.18	4	1D+3F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Metavolcánicos			
47.05	48.00	95.00	50.0	53	30.0	60.00	5	2D+3F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Metavolcánicos	0	Impermeable	
48.00	48.80	80.00	65.0	81	60.0	92.31	5	2D+3F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Metavolcánicos			
48.80	49.30	50.00	36.0	76	20.0	52.63	3	3F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
49.30	49.80	50.00	40.0	80	25.0	62.50	2	2F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
49.80	50.75	95.00	75.0	79	60.0	80.00	3	1D+2F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
50.75	51.35	60.00	30.0	50	10.0	33.33	2	2F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
51.35	51.70	35.00	27.0	77	0.0	0.00	5	2D+3F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
51.70	52.25	55.00	45.0	82	25.0	55.56	2	2F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
52.25	52.85	60.00	44.0	73	30.0	68.18	2	2F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
52.85	54.00	115.00	115.0	100	95.0	82.61	5	3D+2F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo	0	Impermeable	
54.00	55.53	153.00	125.0	82	110.0	88.00	5	2D+3F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
55.53	56.97	144.00	144.0	100	135.0	93.75	4	2D+2F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
56.97	58.44	147.00	147.0	100	140.0	95.24	5	3D+2F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Metavolcánicos			
58.44	59.55	111.00	100.0	90	80.0	80.00	6	5D+1F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Metavolcánicos			
59.55	60.00	45.00	45.0	100	40.0	68.89	1	1D	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Metavolcánicos	0	Impermeable	

SONDEO: CZP 277.4							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 9							Tabla 3.A1.9							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierla C = Cerrada		Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
0.00	1.75	175.00	0.0	0	0.0	0.00					concreto			
1.75	2.00	25.00	25.0	100	10.0	40.00	3	2D+1F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo	47	Flujo Turbulento
2.00	2.80	80.00	26.0	33	0.0	0.00	0	0	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo		
2.80	3.65	85.00	72.0	85	30.0	41.67	7	5D+2F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo		
3.65	4.03	38.00	30.0	79	19.0	63.33	5	2D+3F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo		
4.03	5.00	97.00	97.0	100	50.0	51.55	8	7D+1F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo	>100	-
5.00	5.65	65.00	60.0	92	46.0	76.67	6	4D+2F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo		
5.65	6.05	40.00	40.0	100	36.0	90.00	4	3D+1F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo		
6.05	7.10	105.00	60.0	57	15.0	25.00	10	1D+9F	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo		
7.10	7.55	45.00	44.0	98	10.0	22.73	6	1D+5F	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo	>100	-
7.55	7.75	20.00	19.0	95	10.0	52.63	3	1D+2F	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo		
7.75	7.95	20.00	19.0	95	10.0	52.63	4	3D+1F	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo		
7.95	8.10	15.00	15.0	100	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo		
8.10	8.40	30.00	23.0	77	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo	>100	-
8.40	9.00	60.00	37.0	62	16.0	48.65	12	10D+2F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo		
9.00	10.00	100.00	49.0	49	15.0	30.61	7	6D+1F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo		
10.00	10.75	75.00	39.0	52	26.0	66.67	3	1D+2F	Ab	Med. Alterada	óxidos	Cuarzita		
10.75	11.30	55.00	30.0	55	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto micáceo	6	Flujo Laminar
11.30	11.60	30.00	23.0	77	12.0	52.17	0	fragm.	Ab	Alt. Laterada	óxidos	Esquisto micáceo		
11.60	12.00	40.00	20.0	50	10.0	50.00	0	fragm.	Ab	Alt. Laterada	óxidos	Esquisto micáceo		
12.00	13.05	105.00	40.0	38	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Alt. Laterada	óxidos	Esquisto micáceo		
13.05	13.85	80.00	33.0	41	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Alt. Laterada	óxidos	Esquisto micáceo	>100	-
13.85	14.30	45.00	13.0	29	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Alt. Laterada	óxidos	Esquisto micáceo		
14.30	15.00	70.00	28.0	40	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Alt. Laterada	óxidos	Esquisto micáceo		
15.00	15.70	70.00	24.0	34	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
15.70	16.00	30.00	20.0	67	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo	6	Flujo Laminar
16.00	16.50	50.00	0.0	0	0.0	100.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
16.50	17.00	50.00	28.0	56	12.0	42.66	6	2D+4F	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
17.00	17.40	40.00	18.0	45	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
17.40	18.00	60.00	25.0	42	10.0	40.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo	>100	-
18.00	18.50	50.00	40.0	80	0.0	0.00	10	2D+8F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
18.50	19.00	50.00	40.0	80	28.0	70.00	7	4D+3F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
19.00	19.50	50.00	20.0	40	0.0	0.00	6	5D+3F	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
19.50	20.00	50.00	20.0	40	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Meta volcánica	>100	-
20.00	20.50	50.00	0.0	0	0.0	0.00	0	0	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
20.50	21.00	50.00	30.0	60	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		



SONDEO: CZP 277.4 UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 9							ANEXO 1 Tabla 3.A1.9							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA:	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
21.00	21.50	50.00	20.0	40	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo	5	Flujo Turbulento
21.50	22.00	50.00	35.0	70	12.0	34.29	5	2D+3F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
22.00	22.50	50.00	36.0	72	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
22.50	23.00	50.00	45.0	90	15.0	33.33	4	2D+2F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
23.00	23.50	50.00	28.0	56	12.0	42.86	10	6D+4F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
23.50	24.00	50.00	30.0	60	12.0	40.00	20	10D+10F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo	40	-
24.00	24.72	72.00	50.0	69	0.0	0.00	0	0	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquistos micáceo		
24.72	25.76	106.00	25.0	24	20.0	80.00	4	1D+3F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquistos micáceo		
25.76	25.87	9.00	0.0	0	0.0	0.00	0	0	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquistos micáceo		
25.87	26.40	53.00	10.0	19	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquistos micáceo		
26.40	27.17	77.00	12.0	18	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquistos micáceo		
27.17	27.52	35.00	15.0	43	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
27.52	27.90	38.00	12.0	32	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
27.90	28.50	60.00	40.0	67	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
28.50	29.26	76.00	43.0	57	0.0	0.00	12	8D+4F	Ab	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
29.26	30.00	74.00	50.0	68	12.0	24.00	16	10D+6F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo	2	Flujo Turbulento
30.00	31.00	100.00	75.0	75	50.0	66.67	10	6D+4F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
31.00	31.60	60.00	45.0	75	20.0	44.44	6	4D+2F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
31.60	31.80	20.00	20.0	100	12.0	60.00	3	2D+1F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
31.80	32.40	60.00	40.0	67	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
32.40	33.40	100.00	95.0	95	95.0	100.00	2	1D+1F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
33.40	34.10	70.00	62.0	89	50.0	80.65	6	2D+4F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
34.10	34.90	80.00	75.0	94	66.0	88.00	6	4D+2F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
34.90	36.00	110.00	100.0	91	89.0	89.00	4	2D+2F	Ab	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
36.00	36.85	65.00	85.0	100	63.0	74.12	6	2D+4F	Ab	Lig. Alterada	óxidos, CO <sub>2</sub>	Esquisto micáceo		
36.85	37.85	100.00	92.0	92	72.0	78.26	6	4D+4F	Ab	Med. Alterada	óxidos, CO <sub>4</sub>	Esquisto micáceo	>100	-
37.85	38.15	30.00	17.0	57	0.0	0.00	3	1D+2F	Ab	Lig. Alterada	óxidos, CO <sub>5</sub>	Esquisto micáceo		
38.15	38.55	40.00	36.0	90	19.0	52.78	4	2D+2F	Ab	Lig. Alterada	óxidos, CO <sub>2</sub>	Esquisto cuarzo micáceo		
38.55	38.80	25.00	25.0	100	25.0	100.00	2	1D+1F	Ab	Med. Alterada	óxidos, CO <sub>7</sub>	Esquisto cuarzo micáceo		
38.80	39.15	35.00	23.0	66	0.0	0.00	3	1D+2F	Ab	Med. Alterada	óxidos, CO <sub>2</sub>	Esquisto cuarzo micáceo		
39.15	39.39	24.00	9.0	37	0.0	0.00	0	0	Ab	Med. Alterada	óxidos, CO <sub>2</sub>	Esquisto micáceo		
39.39	39.85	46.00	29.0	63	0.0	0.00	0	fragm.	Ab	Med. Alterada	óxidos, CO <sub>10</sub>	Esquisto micáceo		
39.85	40.05	20.00	16.0	80	0.0	0.00	3	1D+2F	Lig. Alterada	óxidos, CO <sub>11</sub>	Esquisto micáceo			
40.05	40.45	40.00	28.0	70	12.0	42.86	4	2D+2F	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
40.45	40.96	53.00	44.0	83	28.0	63.64	6	2D+4F	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
40.96	41.16	20.00	20.0	100	12.0	60.00	3	1D+2F	Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			
41.16	42.00	82.00	35.0	43	31.0	88.57	4	2D+2F	Med. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo			

SONDEO: CZP 277.4 UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 9							ANEXO 1 Tabla 3.A1.9							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
42.00	42.51	51.00	25.0	49	24.0	96.00	4	2D+2F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo	30	
42.51	43.32	61.00	73.0	90	66.0	93.15	5	2D+3F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
43.32	44.12	60.00	38.0	48	30.0	76.95	7	2D+5F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
44.12	45.12	100.00	100.0	100	87.0	87.00	9	2D+7F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
45.12	46.00	88.00	80.0	91	45.0	56.25	6	2D+4F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
46.00	47.30	130.00	105.0	81	75.0	71.43	4	2D+2F		Lig. Alterada	óxidos	Cuarcita		
47.30	47.50	20.00	20.0	100	20.0	100.00	2	1D+1F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
47.50	48.00	50.00	45.0	90	40.0	88.89	2	1D+1F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
48.00	48.90	90.00	65.0	72	60.0	92.31	3	1D+2F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
48.90	49.40	50.00	35.0	70	30.0	85.71	1	0D+1F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
49.40	50.10	70.00	45.0	64	40.0	88.89	3	1D+2F		Lig. Alterada	óxidos	no recuperado		
50.10	51.00	90.00	35.0	39	10.0	28.57	0	fragm.		Lig. Alterada	óxidos	no recuperado		
51.00	51.48	48.00	40.0	83	35.0	87.50	3	0D+3F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
51.48	52.98	150.00	100.0	67	90.0	90.00	4	1D+3F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
52.98	54.00	102.00	95.0	93	90.0	94.74	3	1D+2F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
54.00	55.87	187.00	185.0	99	120.0	64.86	8	3D+5F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
55.87	56.44	57.00	55.0	96	50.0	90.91	3	1D+2F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
56.44	57.30	66.00	60.0	70	50.0	83.33	3	1D+2F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarzo micáceo		
57.30	59.20	190.00	170.0	89	150.0	86.24	7	2D+5F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
59.20	60.00	60.00	70.0	88	60.0	85.71	4	2D+2F		Lig. Alterada	óxidos	Esquisto cuarcítico		
													8	Flujo Laminar
													1	Flujo Laminar

SONDEO: CZP-304.5							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 10							Tabla 3.A1.10							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/mb	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
0.00	1.00	100.00	100.0	100	100.0	100.00						HOMIGON		
1.00	1.48	46.00	30.0	63	0.0	0.00	>6	Fragmentada	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-clorítico		
1.48	2.00	52.00	50.0	96	0.0	0.00	>10	Fragmentada	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo		
2.00	2.50	50.00	0.0	0	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab					
2.50	3.00	50.00	23.0	46	0.0	0.00	>6	Fragmentada	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo	> 100	-
3.00	3.30	30.00	29.0	97	0.0	0.00	>15	Fragmentada	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo		
3.30	4.10	80.00	49.0	61	12.0	24.49	10	5D - 5F	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo		
4.10	4.83	73.00	27.0	37	0.0	0.00	>25	Fragmentada	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-clorítico		
4.83	5.46	63.00	29.0	46	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-clorítico		
5.46	6.00	54.00	33.0	61	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-clorítico	> 100	-
6.00	7.00	100.00	34.0	34	10.0	29.41	9	5D - 4F	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-clorítico		
7.00	7.50	50.00	17.0	34	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo		
7.50	8.00	50.00	33.0	66	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo		
8.00	8.50	50.00	20.0	40	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo		
8.50	9.00	50.00	18.0	36	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo	> 100	-
9.00	10.00	100.00	19.0	19	0.0	0.00	>25	Fragmentada	Ab	Med. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo		
10.00	10.20	20.00	0.0	0	0.0	0.00	>15	Fragmentada	Ab					
10.20	11.14	94.00	20.0	21	0.0	0.00	>25	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-clorítico		
11.14	12.00	86.00	80.0	93	0.0	0.00	>25	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-clorítico	> 100	-
12.00	12.40	40.00	36.0	90	0.0	0.00	>15	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-clorítico		
12.40	13.15	75.00	41.0	55	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo		
13.15	13.75	60.00	53.0	88	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-clorítico		
13.75	14.00	25.00	25.0	100	0.0	0.00	>10	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-clorítico		
14.00	14.35	35.00	32.0	91	0.0	0.00	>15	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-clorítico		
14.35	14.65	30.00	27.0	90	10.0	37.04	6	3D - 3F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-clorítico		
14.65	15.00	35.00	30.0	86	0.0	0.00	>15	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo	> 100	-
15.00	15.50	50.00	48.0	96	35.0	72.92	2	1D - 1F	Ab	Sin alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo		
15.50	15.60	10.00	10.0	100	0.0	0.00	>5	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo		
15.60	15.75	15.00	10.0	67	0.0	0.00	>5	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo		
15.75	15.85	10.00	7.0	70	0.0	0.00	>5	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo		
15.85	16.00	15.00	15.0	100	0.0	0.00	>5	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo		
16.00	16.29	29.00	16.0	55	0.0	0.00	>15	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto micáceo		
16.29	16.92	63.00	14.0	22	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo		
16.92	17.23	31.00	28.0	90	0.0	0.00	>15	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo		
17.23	17.33	10.00	9.0	90	0.0	0.00	>5	Fragmentada	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo		
17.33	18.00	67.00	55.0	82	12.0	21.82	10	2D - 8F	Ab	Lig. Alt.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo	> 100	-

SONDEO: CZP-304.5							ANEXO 1								
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 10							Tabla 3.A1.10								
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	ROD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON	
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/mb	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , etc.				
18.00	18.20	20.00	19.0	95	0.0	0.00	>10	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo	> 100	-	
18.20	18.72	52.00	47.0	90	17.0	36.17	8	5D - 1F	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
18.72	19.05	33.00	33.0	100	22.0	66.67	4	2D - 2F	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
19.05	19.28	23.00	20.0	87	0.0	0.00	>10	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto micáceo			
19.28	20.03	75.00	56.0	75	15.0	26.79	8	4D - 4F	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
20.03	20.64	61.00	38.0	62	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
20.64	21.06	42.00	33.0	79	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
21.06	21.69	83.00	34.0	54	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
21.69	22.10	41.00	24.0	59	12.0	50.00	5	2D - 3F	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
22.10	22.45	35.00	32.0	91	0.0	0.00	>15	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto micáceo			
22.45	22.60	15.00	10.0	67	0.0	0.00	>5	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto micáceo			
22.60	23.00	40.00	32.0	80	10.0	31.25	8	6D - 2F	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo	0	Impermeable	
23.00	23.39	39.00	17.0	44	10.0	58.82	3	2D - 1F	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
23.39	24.00	61.00	23.0	38	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
24.00	24.37	37.00	17.0	46	0.0	0.00	>15	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto micáceo			
24.37	24.75	38.00	14.0	37	0.0	0.00	>15	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto micáceo			
24.75	25.00	25.00	12.0	48	0.0	0.00	>10	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto micáceo			
25.00	25.84	84.00	40.0	48	0.0	0.00	>25	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
25.84	26.40	56.00	56.0	100	38.0	67.86	7	5D - 2F	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
26.40	26.86	46.00	30.0	65	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	CO3	Esquisto cuarzo-micáceo			
26.86	27.50	64.00	40.0	62	15.0	37.50	6	3D - 3F	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
27.50	28.09	59.00	29.0	49	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	CO3	Cuarcita	2	Saturación de Vacíos	
28.09	28.39	30.00	28.0	93	0.0	0.00	>15	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	CO3	Cuarcita			
28.39	28.90	51.00	34.0	67	22.0	64.71	6	5D - 1F	Ab	Lig. Alt	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
28.90	29.00	10.00	10.0	100	0.0	0.00	>5	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	CO3	Esquisto cuarzo-micáceo			
29.00	29.47	47.00	20.0	43	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	CO3	Esquisto cuarzo-micáceo			
29.47	30.00	53.00	20.0	38	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Lig. Alt	CO3	Esquisto cuarzo-micáceo			
30.00	30.25	25.00	10.0	40	0.0	0.00	>10	Fragmentada	Ab	Sin ait.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
30.25	31.00	75.00	38.0	51	10.0	26.32	9	8D - 1F	Ab	Sin ait.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
31.00	31.30	30.00	28.0	93	10.0	35.71	7	6D - 1F	Ab	Sin ait.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
31.30	32.10	80.00	39.0	49	12.0	30.77	8	4D - 4F	Ab	Sin ait.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
32.10	32.50	40.00	24.0	60	0.0	0.00	>10	Fragmentada	Ab	Sin ait.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
32.50	33.05	55.00	43.0	78	16.0	37.21	7	4D - 3F	Ab	Sin ait.	óxidos	Esquisto cuarzo-micáceo			
33.05	34.00	95.00	88.0	93	45.0	51.14	12	6D - 6F	Ab	Sin ait.	óxidos	Cuarcita			
34.00	35.00	100.00	94.0	94	25.0	26.60	15	5D - 10F	Ab	Sin ait.	óxidos	Cuarcita			
35.00	35.20	20.00	19.0	95	17.0	89.47	1	D	Ab	Sin ait.	CO3 - SiO2	Cuarcita			
35.20	35.38	18.00	18.0	100	0.0	0.00	>6	Fragmentada	Ab	Sin ait.	CO3 - SiO2	Cuarcita			
35.38	36.00	62.00	49.0	79	30.0	61.22	7	7D	Ab	Sin ait.	CO3 - SiO2	Cuarcita	> 100	Flujo Laminar	

SONDEO: CZP-304.5							ANEXO 1								
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 10							Tabla 3.A1.10								
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON	
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/mb	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.				
36.00	36.15	15.00	14.0	93	12.0	85.71	1	D	Ab	Sin alt.	CO3 - SiO2	Esquisto cuarzo-micáceo			
36.15	36.24	9.00	5.0	56	0.0	0.00	>5	Fragmentada	Ab	Sin alt.	CO3 - SiO2	Esquisto cuarzo-micáceo			
36.24	36.80	56.00	56.0	100	24.0	42.86	9	8D - 1F	Ab	Sin alt.	CO3 - SiO2	Esquisto cuarzo-micáceo			
36.80	37.00	20.00	18.0	90	0.0	0.00	>5	Fragmentada	Ab	Sin alt.	CO3 - SiO2	Esquisto cuarzo-micáceo			
37.00	38.00	100.00	65.0	65	0.0	0.00	>20	Fragmentada	Ab	Sin alt.	CO3 - SiO2	Esquisto cuarzo-micáceo			
38.00	39.00	100.00	62.0	62	20.0	32.26	10	5D - 5F	Ab	Sin alt.	CO3	Esquisto cuarzo-micáceo			
39.00	39.60	60.00	53.0	88	23.0	43.40	9	6D - 3F	Ab	Sin alt.	CO3	Esquisto cuarzo-micáceo			
39.60	40.00	40.00	38.0	95	10.0	26.32	8	7D - 1F	Ab	Sin alt.	CO3	Esquisto cuarzo-micáceo			
40.00	40.65	65.00	45.0	69	25.0	55.56	4	2D - 2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
40.65	42.00	135.00	85.0	63	75.0	88.24	5	2D - 3F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo	0	Impermeable	
42.00	42.90	90.00	75.0	83	55.0	73.33	5	2D - 3F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
42.90	43.70	80.00	68.0	85	55.0	80.88	5	3D - 2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
43.70	44.50	80.00	77.0	96	50.0	64.94	5	2D - 3F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
44.50	45.40	90.00	83.0	92	60.0	72.29	6	2D - 4F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
45.40	46.20	80.00	75.0	94	60.0	80.00	4	2D - 2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
46.20	46.90	70.00	70.0	100	65.0	92.86	3	2D - 1F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
46.90	47.58	68.00	68.0	100	50.0	73.53	3	1D - 2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
47.58	48.00	42.00	42.0	100	40.0	95.24	4	1D - 3F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo	0	Impermeable	
48.00	48.77	77.00	77.0	100	70.0	90.91	6	2D - 4F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
48.77	49.47	70.00	67.0	96	55.0	82.09	4	2D - 2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
49.47	50.45	98.00	95.0	97	90.0	94.74	3	1D - 2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
50.45	50.67	22.00	20.0	91	20.0	100.00	3	1D - 2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
50.67	50.90	23.00	18.0	78	15.0	83.33	1	F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
50.90	51.27	37.00	20.0	54	18.0	90.00	2	1D - 1F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
51.27	51.40	13.00	13.0	100	13.0	100.00	3	1D - 2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
51.40	51.65	25.00	25.0	100	20.0	80.00	2	2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
51.65	51.93	28.00	24.0	86	13.0	54.17	2	2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
51.93	52.34	41.00	16.0	39	15.0	93.75	2	2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
52.34	53.50	116.00	110.0	95	102.0	92.73	3	1D - 2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
53.50	54.00	50.00	30.0	60	20.0	66.67	2	1D - 1F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo	<1	Flujo Laminar	
54.00	54.23	23.00	18.0	78	18.0	100.00	1	D	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
54.23	55.28	105.00	89.0	85	82.0	92.13	3	1D - 2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
55.28	56.40	112.00	103.0	92	100.0	97.09	3	1D - 2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
56.40	56.90	50.00	42.0	84	40.0	95.24	2	2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
56.90	58.28	138.00	130.0	94	125.0	96.15	4	2D - 2F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
58.28	59.33	105.00	102.0	97	100.0	98.04	3	2D - 1F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo			
59.33	60.00	67.00	22.0	33	0.0	0.00	>12	3D - ?F	C	Lig. Alt.	Sin relleno	Esquisto cuarzo-micáceo	0	Impermeable	



SONDEO: CZP-332.2							ANEJO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo							SECTOR 11						Tabla 3.A1.11	
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , etc.			
0.00	1.90	190.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hormigón		
1.90	2.40	50.00	22.0	44	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med. Alt.	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo	-	-
2.40	2.60	40.00	15.0	38	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med. Alt.	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo	-	-
2.60	3.17	37.00	30.0	81	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
3.17	3.87	70.00	40.0	57	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
3.87	4.24	37.00	30.0	81	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
4.24	4.57	33.00	25.0	76	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
4.57	5.20	63.00	30.0	48	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
5.20	6.00	80.00	35.0	44	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo	13	Flujo Turbulento
6.00	6.94	94.00	35.0	37	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
6.94	7.48	54.00	30.0	56	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
7.48	7.60	32.00	30.0	94	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
7.60	8.22	42.00	35.0	83	12.0	34.29	>5	NR	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
8.22	8.56	34.00	29.0	85	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
8.56	8.66	10.00	10.0	100	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
8.66	8.88	22.00	15.0	68	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
8.88	9.00	12.00	10.0	83	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Lig-Med	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo	>100	-
9.00	9.30	30.00	25.0	83	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
9.30	9.68	38.00	30.0	79	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
9.68	9.95	27.00	27.0	100	10.0	37.04	>5	NR	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
9.95	10.71	76.00	40.0	53	12.0	30.00	>5	NR	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
10.71	11.47	76.00	60.0	79	25.0	41.67	>5	NR	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
11.47	11.77	30.00	30.0	100	20.0	66.67	>3	NR	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
11.77	12.00	23.00	16.0	70	10.0	62.50	-	NR	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo	>100	-
12.00	12.10	10.00	10.0	100	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
12.10	12.54	44.00	25.0	57	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
12.54	13.25	71.00	65.0	92	25.0	38.46	>6	NR	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
13.25	13.57	32.00	30.0	94	0.0	0.00	-	Fragmentada	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
13.57	14.40	83.00	40.0	48	25.0	62.50	>3	NR	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo		
14.40	15.00	60.00	45.0	75	30.0	66.67	>3	NR	Ab	Ligera	óxidos, trazas de CO3	Esquisto cuarcítico-micáceo	>100	-
15.00	15.90	90.00	85.0	94	70.0	82.35	-	2F	C	Lig-Fresca	Ligera oxidación	Esquisto micáceo-cuarcítico		
15.90	16.40	50.00	25.0	50	12.0	48.00	3	2D+1F	C	Lig-Fresca	Ligera oxidación	Esquisto micáceo-cuarcítico		
16.40	16.80	40.00	40.0	100	32.0	80.00	3	2D+1F	C	Lig-Fresca	-	Esquisto micáceo-cuarcítico		
16.80	17.40	60.00	55.0	92	30.0	54.55	4	2D+2F	C	Lig-Fresca	-	Esquisto micáceo-cuarcítico		
17.40	18.00	60.00	58.0	97	35.0	60.34	4	2D+2F	C	Lig-Fresca	-	Esquisto micáceo-cuarcítico	>100	-
18.00	18.35	35.00	35.0	100	25.0	71.43	4	2D+2F	C	Lig-Fresca	-	Esquisto micáceo-cuarcítico		
18.35	18.95	60.00	50.0	83	40.0	80.00	4	2D+2F	C	Lig-Fresca	-	Esquisto cuarcítico		
18.95	19.90	95.00	95.0	100	75.0	78.95	5	2D+3F	C	Lig-Fresca	-	Esquisto cuarcítico		
19.90	20.30	40.00	36.0	90	23.0	63.89	6	4D+2F	C	Lig-Fresca	-	Intercalaciones de esquistos		
20.30	21.00	70.00	62.0	89	50.0	80.65	5	2D+3F	C	Lig-Fresca	-	cuarcíticos y esquistos	-	-

SONDEO: CZP-332.2							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 11							Tabla 3.A1.11							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
21.00	21.90	90.00	80.0	89	64.0	80.00	6	4D+2F	C	Lig-Fresca	-	micáceos, con vetillas y		
21.90	22.20	30.00	13.0	43	0.0	0.00	2	2F	C	Lig-Fresca	-	nódulos de cuarzo y		
22.20	22.60	40.00	35.0	87	20.0	57.14	4	2D+2F	C	Lig-Fresca	-	carbonato		
22.60	22.90	30.00	25.0	83	0.0	0.00	4	2D+2F	C	Lig-Fresca	-			
22.90	23.20	30.00	12.0	40	0.0	0.00	3	1D+2F	C	Lig-Fresca	-	Esquisto cuarcítico-micáceo		
23.20	24.00	60.00	0.0	0	0.0	0.00	-	Fragmentada	-	-	-		>100	-
24.00	24.28	28.00	24.0	86	0.0	0.00	5	3D+2F	C	Lig-Fresca	-	Esquisto cuarcítico-micáceo		
24.28	24.70	42.00	36.0	86	22.0	61.11	5	2D+3F	C	Lig-Fresca	-	con esporádicos nódulos y		
24.70	25.00	30.00	30.0	100	25.0	83.33	4	1D+3F	C	Lig-Fresca	-	vetillas de cuarzo y carbonato		
25.00	26.02	102.00	92.0	90	70.0	76.09	5	2D+3F	C	Lig-Fresca	-	*		
26.02	26.31	29.00	25.0	86	15.0	60.00	2	1D+1F	C	Lig-Fresca	-	*		
26.31	27.49	118.00	115.0	97	100.0	86.96	8	3D+5F	C	Lig-Fresca	-	*		
27.49	28.59	110.00	108.0	98	100.0	92.59	7	3D+4F	C	Lig-Fresca	-	*		
28.59	29.50	91.00	88.0	97	60.0	68.16	4	1D+3F	C	Lig-Fresca	-	*		
29.50	30.00	50.00	47.0	94	35.0	74.47	3	2D+1F	C	Lig-Fresca	-	*	40	-
30.00	31.50	150.00	140.0	93	135.0	96.43	5	1D+4F	C	Lig-Fresca	-	De 30.70 a 31.50 dique con		
31.50	31.86	36.00	25.0	69	10.0	40.00	3	3F	C	Lig-Fresca	-	fenocristales de hornblenda		
31.86	32.58	72.00	68.0	94	16.0	23.53	7	4D+3F	C	Lig-Fresca	-	de 1 cm de diámetro		
32.58	33.68	110.00	105.0	95	70.0	66.67	8	6D+2F	C	Lig-Fresca	-	*		
33.68	34.47	79.00	66.0	84	40.0	60.61	6	4D+2F	C	Lig-Fresca	-	*		
34.47	34.78	31.00	28.0	90	10.0	35.71	3	2D+1F	C	Lig-Fresca	Limpias o con	Esquistos cuarcíticos		
34.78	35.20	42.00	35.0	83	20.0	57.14	3	2D+1F	C	Lig-Fresca	trazas de CO <sub>3</sub>	intercalados con cuarcitas		
35.20	35.40	20.00	16.0	80	10.0	62.50	2	1D+1F	C	Lig-Fresca	y Sulfuros	gris oscuro, con presencia		
35.40	35.75	35.00	34.0	97	34.0	100.00	1	1F	C	Lig-Fresca	"	de vetillas de cuarzo y		
35.75	36.00	25.00	25.0	100	24.0	96.00	2	1D+1F	C	Lig-Fresca	"	carbonato	45	-
36.00	36.80	80.00	80.0	100	40.0	50.00	8	2D+6F	C	Lig-Fresca	"	*		
36.80	37.25	45.00	40.0	89	0.0	0.00	>6	Fragmentada	Ab	-	"	*		
37.25	37.65	40.00	35.0	88	16.0	45.71	5	1D+4F	C	Lig-Fresca	"	*		
37.65	37.85	20.00	20.0	100	10.0	50.00	3	1D+3F	C	Lig-Fresca	"	*		
37.85	38.35	50.00	42.0	84	35.0	83.33	4	1D+3F	C	Lig-Fresca	"	*		
38.35	38.50	15.00	12.0	80	0.0	0.00	1	1D	C	Lig-Fresca	"	*		
38.50	39.80	130.00	130.0	100	105.0	80.77	8	2D+6F	C	Lig-Fresca	"	*		
39.80	40.60	80.00	65.0	81	60.0	92.31	2	1D+1F	C	Lig-Fresca	"	*		
40.60	42.00	140.00	100.0	71	60.0	60.00	8	4D+4F	C	Lig-Fresca	"	*	25	-
42.00	42.65	65.00	60.0	92	40.0	68.67	5	2D+3F	C	Lig-Fresca	"	*		
42.65	43.03	38.00	37.0	97	34.0	91.89	3	3F	C	Lig-Fresca	"	*		
43.03	43.33	30.00	30.0	100	20.0	66.67	2	1D+1F	C	Lig-Fresca	"	*		
43.33	44.14	81.00	78.0	96	72.0	92.31	3	1D+2F	C	Lig-Fresca	"	*		
44.14	44.93	79.00	75.0	95	65.0	86.67	5	3D+2F	C	Lig-Fresca	"	*		
44.93	45.56	63.00	55.0	87	36.0	69.09	4	1D+3F	C	Lig-Fresca	"	*		
45.56	46.05	49.00	45.0	92	35.0	77.76	5	1D+4F	C	Lig-Fresca	"	*		
46.05	48.00	195.00	195.0	100	160.0	82.05	7	4D+3F	C	Lig-Fresca	"	*	26	-

SONDEO: CZP-332.2							ANEXO 1							
UBICACIÓN: Plinto Izquierdo SECTOR 11							Tabla 3.A1.11							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
48.00	48.55	55.00	52.0	95	25.0	48.06	4	2D+2F	C	Lig-Fresca	"	"	25	-
48.55	48.70	15.00	15.0	100	15.0	100.00	0	0	C	Lig-Fresca	"	"		
48.70	49.00	30.00	30.0	100		0.00		Fragmentada	-	-	"	Esquisto micáceo		
49.00	49.40	40.00	40.0	100	13.0	32.50	2	1D+1F	C	Lig-Fresca	"	"		
49.40	52.00	260.00	225.0	87		0.00		Fragmentada	-	-	"	"		
52.00	52.40	40.00	40.0	100	22.0	55.00	3	2D+1F	C	Lig-Fresca	"	Esquisto cuarcítico-micáceo		
52.40	53.60	120.00	110.0	92	20.0	18.18	9	4D+5F	C	Lig-Fresca	"	"		
53.60	54.00	40.00	40.0	100	26.0	65.00	5	2D+3F	C	Lig-Fresca	"	"		
54.00	54.57	57.00	50.0	88	40.0	80.00	3	1D+2F	C	Lig-Fresca	"	"		
54.57	56.10	153.00	150.0	98	130.0	86.67	7	2D+5F	C	Lig-Fresca	"	"		
56.10	56.70	60.00	45.0	75	35.0	77.78	2	2F	C	Lig-Fresca	"	"		
56.70	57.30	60.00	55.0	92	45.0	81.82	2	2F	C	Lig-Fresca	"	"		
57.30	57.90	60.00	55.0	92	10.0	18.18	5	5F	C	Lig-Fresca	"	"		
57.90	58.18	28.00	22.0	79	15.0	68.18	2	2F	C	Lig-Fresca	"	Esquisto micáceo con		
58.18	59.40	122.00	115.0	94	95.0	82.61	6	2D+4F	C	Lig-Fresca	"	intercalaciones de cuarzo y carbonato		
59.40	60.00	60.00	60.0	100	50.0	83.33	2	1D+1F	C	Lig-Fresca	"	15	-	



SONDEO: CZP-350.0										ANEXO 1							
UBICACIÓN: Talón Presa										SECTOR 12			Tabla 3.A1.12				
TRAMO	Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON				
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	#/m	Tipo (D,F,Cz)		Ab = abierta C = Cerrada				Patinas de óxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
0.00	1.00	100.00	-	-	-	-	-	-	-	-	CONCRETO						
1.00	1.75	75.00	-	-	-	-	-	-	-	-	CONCRETO						
1.75	1.95	20.00	16.00	80	0.00	0.00	3	1D-2F	Abierta	Lig alterada	Cuarcita Micacea	55	Dilatación				
1.95	3.00	105.00	105.00	100	70.00	66.67	12	8D-4F	Abierta	Lig alterada	Cuarcita Micacea						
3.00	3.22	22.00	20.00	91	0.00	0.00	3	2D-1F	Abierta	Fresca	Esquisto cuarcítico Micaceo						
3.22	3.96	74.00	70.00	95	70.00	100.00	8	4D-4F	Abierta	Fresca	Cuarcita Micacea						
3.96	4.00	4.00	4.00	100	0.00	0.00			Abierta	Fresca	Cuarcita Micacea						
4.00	4.87	87.00	26.00	30	10.00	36.46	6	5D-3F	Abierta	Fresca	Esquisto cuarcítico Micaceo						
4.87	5.36	49.00	46.00	94	0.00	0.00	4	1D-3F	Abierta	Fresca	Cuarcita Micacea						
5.36	6.00	64.00	54.00	84	0.00	0.00	12	4D-8F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea	17	Dilatación				
6.00	6.91	91.00	90.00	99	43.00	47.78	21	8D-13F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
6.91	7.46	55.00	50.00	91	14.00	28.00	9	5D-4F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
7.46	8.16	70.00	69.00	99	15.00	21.74	9	5D-4F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
8.16	8.76	60.00	20.00	33	11.00	55.00	7	4D-3F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
8.76	9.00	24.00	24.00	100	0.00	0.00	3	1D-2F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea	6	Dilatación				
9.00	9.63	63.00	62.00	98	17.00	27.42	8	3D-5F	Cerrada	Fresca	Esquisto Clorítico						
9.63	10.30	67.00	66.00	99	22.00	33.33	7	4D-3F	Cerrada	Fresca	Esquisto Clorítico						
10.30	11.20	90.00	53.00	59	41.00	77.36	10	6D-4F	Cerrada	Fresca	Esquisto Clorítico						
11.20	12.00	80.00	59.00	74	20.00	33.90	7	3D-4F	Cerrada	Fresca	Esquisto Clorítico	0	Impermeable				
12.00	13.66	166.00	166.00	100	109.00	65.66	16	11D-5F	Cerrada	Fresca	Esquisto cuarcítico Micaceo						
13.66	14.00	34.00	19.00	56	10.00	52.63	5	3D-2F	Cerrada	Fresca	Esquisto cuarcítico Micaceo						
14.00	15.00	100.00	100.00	100	32.00	32.00	14	6D-8F	Cerrada	Fresca	Esquisto cuarcítico Micaceo	0	Impermeable				
15.00	16.21	121.00	120.00	99	120.00	100.00	3	3D	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
16.21	16.91	70.00	60.00	86	60.00	100.00	6	4D-4F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
16.91	17.73	82.00	76.00	95	25.00	32.05	12	8D-4F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
17.73	18.00	27.00	27.00	100	27.00	100.00	4	3D-1F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea	0	Impermeable				
18.00	18.86	86.00	56.00	67	56.00	96.55	10	7D-3F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
18.86	19.50	64.00	52.00	81	50.00	96.15	8	6D-2F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea con sulfuros						
19.50	20.40	90.00	55.00	61	35.00	63.64	6	3D-3F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea con sulfuros						
20.40	21.00	60.00	60.00	100	48.00	80.00	5	2D-3F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea con sulfuros	0	Impermeable				
21.00	21.63	63.00	56.00	89	30.00	53.57	4	1D-3F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea con sulfuros						
21.63	22.34	71.00	65.00	92	40.00	61.54	5	2D-3F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea con sulfuros						
22.34	22.96	62.00	60.00	97	60.00	100.00	2	2F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea con sulfuros						
22.96	23.76	60.00	68.00	85	65.00	95.59	3	1D-2F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea con sulfuros						
23.76	24.00	24.00	24.00	100	22.00	91.67	3	1D-2F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea	0	Impermeable				
24.00	24.52	52.00	52.00	100	47.00	90.38	5	1D-4F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
24.52	25.12	60.00	42.00	70	40.00	95.24	5	1D-4F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
25.12	26.46	134.00	120.00	90	115.00	95.83	8	4D-4F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
26.46	27.11	65.00	64.00	98	45.00	70.31	6	2D-4F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
27.11	28.36	125.00	116.00	93	110.00	94.83	12	4D-8F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
28.36	29.26	90.00	83.00	92	80.00	96.39	6	3D-5F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea						
29.26	30.00	74.00	56.00	76	48.00	65.71	5	3D-2F	Cerrada	Fresca	Cuarcita Micacea	0	Impermeable				

SONDEO: CZP-350.0  
UBICACIÓN: Talón Presa SECTOR 12

ANEXO 1  
Tabla 3.A1.12

TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#f/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
30.00	31.00	100.00	96.00	96	95.00	98.96	2	1D-1F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
31.00	32.00	100.00	96.00	96	94.00	97.92	2	1D-1F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
32.00	32.40	40.00	40.00	100	39.00	97.50	1	1D	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
32.40	33.00	60.00	59.00	98	55.00	93.22	2	1D-1F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
33.00	33.90	90.00	90.00	100	87.00	96.67	2	1D-1F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
33.90	36.00	210.00	141.00	67	118.00	83.69	9	3D-6F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea	0	Impermeable
36.00	36.59	59.00	59.00	100	59.00	100.00	4	2D-2F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
36.59	37.40	81.00	80.00	99	82.00	77.50	3	2D-1F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
37.40	38.09	69.00	68.00	99	63.00	92.65	8	6D-2F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
38.09	38.96	87.00	70.00	80	56.00	80.00	6	4D-2F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
38.96	40.18	122.00	122.00	100	120.00	98.36	6	2D-4F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
40.18	40.54	36.00	35.00	97	24.00	68.57	3	3D	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
40.54	41.36	82.00	82.00	100	68.00	82.93	4	1D-3F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
41.36	42.00	64.00	50.00	78	35.00	70.00	5	5D	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea	0	Impermeable
42.00	43.30	130.00	127.00	98	110.00	86.61	4	1D-3F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
43.30	43.60	30.00	25.00	83	20.00	80.00	3	3D	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
43.60	44.85	125.00	125.00	100	122.00	97.60	5	2D-3F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
44.85	45.15	30.00	30.00	100	10.00	33.33	5	3D-2F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
45.15	46.60	145.00	143.00	99	110.00	76.92	10	4D-6F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
46.60	47.50	90.00	87.00	97	82.00	71.26	10	4D-6F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
47.50	48.00	50.00	49.00	98	30.00	61.22	6	2D-4F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea	16	Dilatación
48.00	48.69	69.00	69.00	100	50.00	72.46	6	2D-4F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea con sulfuros		
48.69	49.00	31.00	30.00	97	15.00	50.00	4	2D-2F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea con sulfuros		
49.00	49.72	72.00	72.00	100	60.00	83.33	5	3D-2F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea con sulfuros		
49.72	50.36	64.00	62.00	97	50.00	80.65	9	4D-5F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea con sulfuros		
50.36	51.36	100.00	100.00	100	45.00	45.00	6	2D-4F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea con sulfuros		
51.36	52.46	110.00	101.00	92	90.00	89.11	7	3D-4F	Abierta	Fresca	-	Cuarcita Micacea con sulfuros		
52.46	53.18	72.00	70.00	97	60.00	85.71	3	3F	Abierta	Fresca	-	Cuarcita Micacea con sulfuros		
53.18	54.00	82.00	80.00	98	70.00	87.50	7	4D-3F	Abierta	Fresca	-	Cuarcita Micacea con sulfuros	23	-
54.00	54.46	46.00	45.00	98	30.00	68.67	6	3D-3F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea con sulfuros		
54.46	54.90	44.00	25.00	57	20.00	80.00	6	4D-2F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea con sulfuros		
54.90	55.44	54.00	42.00	78	40.00	95.24	9	5D-4F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea con sulfuros		
55.44	56.50	106.00	100.00	94	85.00	85.00	8	5D-3F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
56.50	57.62	112.00	102.00	91	100.00	98.04	6	4D-2F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
57.62	59.07	145.00	140.00	97	120.00	85.71	9	3D-6F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
59.07	59.70	83.00	58.00	92	45.00	77.59	7	4D-3F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea		
59.70	60.00	30.00	30.00	100	20.00	66.67	4	2D-2F	Cerrada	Fresca	-	Cuarcita Micacea	0	Impermeable

SONDEO: CZP-382.0							ANEXO 1								
UBICACIÓN: Talón Presa				SECTOR 13			Tabla 3.A1.13								
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON	
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.				
0.00	1.00	100.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	CONCRETO			
1.00	1.33	33.00	-	-	-	-	-	-	-	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo		
1.33	2.48	115.00	45.00	39	10.00	22.22	22	20D-2F	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo			
2.48	3.00	52.00	50.00	96	0.00	0.00	20	20D	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo			
3.00	3.80	80.00	38.00	48	20.00	52.63	20	20D	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo			
3.80	4.60	80.00	59.00	74	20.00	33.90	13	10D-3F	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo	-	-	
4.60	5.00	40.00	37.00	92	10.00	27.03	22	20D-2F	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Micaceo			
5.00	5.40	40.00	20.00	50	0.00	0.00	20	20D	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Clorítico			
5.40	5.80	40.00	25.00	63	10.00	40.00	20	15D-5F	Abierta	Med-Alt	Con arcilla	Esquisto cuarcítico Clorítico			
5.80	6.00	60.00	73.00	91	20.00	27.40	14	10D-4F	Abierta	Med-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico	62	Dilatación	
6.00	6.80	20.00	17.00	85	0.00	0.00	15	10D-5F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico			
6.80	7.22	42.00	39.00	93	10.00	25.64	16	11D-5F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico			
7.22	7.65	43.00	38.00	88	10.00	26.32	13	10D-3F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico			
7.65	8.30	65.00	59.00	91	25.00	42.37	17	15D-2F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico			
8.30	8.70	40.00	36.00	90	10.00	27.78	15	10D-5F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico			
8.70	9.00	30.00	22.00	73	10.00	45.45	8	7D-1F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico	10	Dilatación	
9.00	9.16	16.00	16.00	100	10.00	62.50	17	15D-2F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico			
9.16	9.49	33.00	31.00	94	10.00	32.26	18	16D-2F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Clorítico			
9.49	10.00	51.00	48.00	94	15.00	31.25	17	15D-2F	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
10.00	10.12	12.00	12.00	100	10.00	83.34	16	16D	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
10.12	10.74	62.00	54.00	87	33.00	61.11	17	17D	Abierta	Lig-Alt	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
10.74	11.20	46.00	46.00	100	24.00	52.17	15	15D	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
11.20	11.60	40.00	35.00	87	20.00	57.14	12	12D	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
11.60	11.76	16.00	16.00	100	15.00	93.75	10	10D	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	28	Saturación de vacíos	
11.76	12.95	119.00	79.00	66	62.00	78.48	16	16D	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
12.95	13.65	70.00	61.00	87	50.00	81.97	6	6D	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
13.65	14.40	75.00	75.00	100	66.00	88.00	8	7D-1F	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	>100		
14.40	14.65	45.00	44.00	98	27.00	61.36	7	6D-1F	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
14.65	15.55	70.00	70.00	100	36.00	51.43	14	12D-2F	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
15.55	16.45	90.00	87.00	97	84.00	96.55	10	10D	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
16.45	16.85	40.00	33.00	82	23.00	69.70	11	10D-1F	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
16.85	17.30	45.00	42.00	93	33.00	78.57	8	7D-1F	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
17.30	18.36	106.00	97.00	92	68.00	70.10	9	8D-1F	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	0	Impermeable	
18.36	18.96	60.00	58.00	97	55.00	94.83	7	5D-2F	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
18.96	20.01	105.00	105.00	100	84.00	80.00	9	8D-1F	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
20.01	20.83	62.00	51.00	82	36.00	70.59	5	4D-1F	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
20.83	21.00	37.00	37.00	100	36.00	97.30	7	6D-1F	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	>100	-	

SONDEO: CZP-382.0										ANEXO 1					
UBICACIÓN: Talón Presa SECTOR 13										Tabla 3.A1.13					
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON	
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.				
21.00	21.41	41.00	39.00	95	32.00	82.05	9	8D-1F	Abierta	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
21.41	22.30	69.00	84.00	94	51.00	60.71	8	7D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
22.30	23.41	111.00	106.00	95	50.00	47.17	14	12D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
23.41	24.00	59.00	55.00	93	30.00	54.55	11	9D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	0	Impermeable	
24.00	24.45	45.00	45.00	100	30.00	66.67	10	8D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
24.45	24.95	50.00	42.00	84	15.00	35.71	5	3D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
24.95	26.40	145.00	137.00	94	128.00	93.43	5	3D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
26.40	27.05	65.00	61.00	94	30.00	49.18	8	6D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
27.05	27.40	35.00	35.00	100	15.00	42.86	12	10D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
27.40	28.00	60.00	55.00	92	48.00	87.27	7	5F-2D	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
28.00	29.00	100.00	98.00	98	96.00	97.96	9	7F-2D	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
29.00	29.25	25.00	25.00	100	20.00	80.00	8	6D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
29.25	30.00	75.00	74.00	99	70.00	94.59	5	4D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	0	Impermeable	
30.00	30.75	75.00	73.00	97	70.00	95.89	7	5D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
30.75	31.35	60.00	56.00	93	40.00	71.43	7	5D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
31.35	31.78	43.00	43.00	100	10.00	23.26	7	6D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
31.78	33.44	166.00	156.00	94	91.00	58.33	12	10F-2D	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
33.44	33.65	41.00	40.00	98	25.00	62.50	7	5D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
33.65	34.56	71.00	59.00	83	55.00	93.22	3	2D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
34.56	35.00	44.00	40.00	91	35.00	87.50	5	3D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
35.00	35.59	59.00	58.00	98	57.00	96.28	7	5D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
35.59	36.00	41.00	37.00	90	37.00	100.00	5	4D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	0	Impermeable	
36.00	37.21	121.00	120.00	99	100.00	83.33	6	5D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
37.21	37.62	41.00	38.00	93	30.00	78.95	8	7D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
37.62	38.08	46.00	44.00	96	20.00	45.45	11	10D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
38.08	38.60	72.00	70.00	97	55.00	78.57	7	6D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
38.60	39.15	35.00	30.00	86	20.00	66.67	8	7D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
39.15	40.00	85.00	79.00	93	68.00	86.08	8	6D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
40.00	40.85	85.00	84.00	99	70.00	83.33	10	9D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
40.85	41.60	75.00	65.00	87	54.00	83.08	9	8D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
41.60	42.75	115.00	115.00	100	100.00	86.96	14	12D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	0	Impermeable	
42.75	43.70	95.00	95.00	100	83.00	87.37	9	8F-1D	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
43.70	44.00	30.00	30.00	100	25.00	83.34	9	8D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
44.00	45.00	100.00	42.00	42	20.00	47.62	10	9D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
45.00	45.20	20.00	19.00	95	10.00	52.63	11	9D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
45.20	45.90	70.00	54.00	77	34.00	62.96	8	7D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
45.90	46.13	23.00	23.00	100	20.00	86.96	8	6D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
46.13	46.56	43.00	40.00	93	30.00	75.00	10	8D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
46.56	46.80	24.00	24.00	100	10.00	41.67	11	10D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
46.80	47.30	50.00	48.00	96	45.00	93.75	7	6D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
47.30	48.00	70.00	70.00	100	47.00	67.14	7	5D-2F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	0	Impermeable	

SONDEO: CZP-382.0							ANEXO 1								
UBICACIÓN: Talón Presa				SECTOR 13			Tabla 3.A1.13								
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON	
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D, F, Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.				
48.00	48.53	53.00	53.00	100	30.00	56.60	10	8F-2D	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
48.53	49.43	90.00	90.00	100	60.00	66.67	8	7D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
49.43	50.00	57.00	56.00	98	30.00	53.57	11	10D-1F	Cerrada	Fresca	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
50.00	50.83	83.00	83.00	100	70.00	84.34	2	2F	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
50.83	51.53	70.00	70.00	100	60.00	85.71	2	2F	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
51.53	52.29	76.00	75.00	99	65.00	86.67	1	1F	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
52.29	53.19	90.00	90.00	100	82.00	91.11	1	1D	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
53.19	54.00	81.00	81.00	100	75.00	92.59	5	3D-2F	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	0	Impermeable	
54.00	55.00	100.00	100.00	100	100.00	100.00	2	1D-1F	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
55.00	56.14	114.00	114.00	100	94.00	82.46	7	3D-4F	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
56.14	57.46	132.00	127.00	96	105.00	82.68	9	6D-3D	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
57.46	57.69	23.00	22.00	96	10.00	45.45	2	2F	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
57.69	58.27	58.00	57.00	98	45.00	76.95	5	5D	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
58.27	59.15	88.00	88.00	100	60.00	68.18	9	3D-6F	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
59.15	59.62	47.00	45.00	96	22.00	46.89	6	2D-4F	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo			
59.62	60.00	38.00	36.00	100	25.00	65.79	5	3D-2F	Cerrada	Lig. Alter.	Oxidos	Esquisto cuarcítico Micaceo	0	Impermeable	



SONDEO: CDP-399.4 UBICACIÓN: Talón Presa SECTOR 14							ANEXO 1 Tabla 3.A1.14							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
0.00	1.20	120.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	CONCRETO	63	Flujo Turbulento
1.20	1.50	30.00	-	-	-	-	3	3D	Abierta	Frescas	-	CONCRETO		
1.50	2.50	100.00	100	100	71	71.00	3	3D	Abierta	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
2.50	3.00	50.00	50	100	40	80.00	3	3D	Abierta	Frescas	-	Cuarcita Micacea	37	Lavado de relleno
3.00	3.60	60.00	58	97	14	24.14	4	3D-1F	Abierta	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea		
3.60	4.00	40.00	36	90	10	27.78	3	2D-1F	Abierta	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea		
4.00	5.00	100.00	85	85	10	11.76	8	6D-2F	Abierta	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea	65	Flujo Turbulento
5.00	6.00	100.00	100	100	65	65.00	8	6D-2F	Cerrada	Lig alterada	-	Esquisto Clorítico Cuarítico		
6.00	7.35	135.00	135	100	70	51.85	8	6D-2F	Cerrada	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea		
7.35	8.15	80.00	80	100	60	75.00	6	5D-1F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea	6	Dilatación
8.15	8.65	50.00	50	100	0	0.00	6	5D-1F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
8.65	9.00	35.00	35	100	16	45.71	3	3D	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
9.00	10.00	100.00	100	100	50	50.00	9	8D-1F	Cerrada	Frescas	-	Esquisto Clorítico Cuarítico	7	Flujo Laminar
10.00	11.00	100.00	100	100	40	40.00	12	10D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
11.00	12.00	100.00	100	100	75	75.00	9	7D-2F	Cerrada	Frescas	-	Esquisto Clorítico		
12.00	13.00	100.00	80	80	60	75.00	7	6D-1F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea	2	-
13.00	14.00	100.00	100	100	70	70.00	10	8D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
14.00	14.52	52.00	52	100	35	67.31	6	4D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
14.52	15.00	48.00	48	100	20	41.67	3	2D-1F	Cerrada	Frescas	-	Esquisto Micaceo	0	Impermeable
15.00	15.50	50.00	50	100	10	20.00	5	4D-1F	Cerrada	Frescas	-	Esquisto Micaceo		
15.50	16.00	50.00	45	90	15	33.33	5	4D-1F	Cerrada	Frescas	-	Esquisto Micaceo		
16.00	16.50	50.00	47	94	20	42.55	6	4D-2F	Cerrada	Frescas	-	Esquisto Micaceo	0	Impermeable
16.50	16.90	40.00	40	100	18	45.00	5	4D-1F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
16.90	17.50	60.00	29	48	0	0.00	8	6D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
17.50	17.80	30.00	30	100	22	73.33	5	3D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea	0	Impermeable
17.80	18.00	20.00	20	100	15	75.00	5	3D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
18.00	18.90	90.00	54	60	50	92.59	4	4D	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
18.90	19.30	40.00	47	-	0	0.00	6	4D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea	0	Impermeable
19.30	20.00	70.00	56	80	28	50.00	5	4D-1F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
20.00	21.00	100.00	100	100	33	33.00	14	12D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
21.00	22.00	100.00	90	90	15	16.67	12	10D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea	0	Impermeable
22.00	22.70	70.00	55	79	18	32.73	9	6D-3F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
22.70	23.00	30.00	22	73	0	0.00	4	4D	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
23.00	23.65	65.00	64	98	31	48.44	8	6D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea	0	Impermeable
23.65	24.00	35.00	25	71	0	0.00	4	3D-1F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		

SONDEO: CDP-399.4 UBICACIÓN: Talón Presa SECTOR 14							ANEXO 1 Tabla 3.A1.14							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
24.00	25.00	100.00	100	100	60	60.00	4	2D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
25.00	25.20	20.00	20	100	10	50.00	3	3D	Cerrada	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea		
25.20	26.00	80.00	80	100	21	26.25	10	6D-4F	Cerrada	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea		
26.00	27.00	100.00	100	100	20	20.00	10	7D-3F	Cerrada	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea		
27.00	27.10	10.00	10	100	0	0.00	3	3D	Cerrada	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea		
27.10	27.35	25.00	25	100	0	0.00	5	4D-1F	Cerrada	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea		
27.35	28.00	85.00	54	83	0	0.00	7	6D-1F	Cerrada	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea		
28.00	29.00	100.00	100	100	47	47.00	10	8D-2F	Cerrada	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea		
29.00	30.00	100.00	100	100	65	65.00	6	5D-1F	Cerrada	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea	0	Impermeable
30.00	31.00	100.00	100	100	40	40.00	10	8D-2F	Cerrada	Lig alterada	-	Cuarcita Micacea		
31.00	32.00	100.00	100	100	60	60.00	10	8D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
32.00	33.00	100.00	100	100	60	60.00	8	6D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
33.00	34.00	100.00	100	100	60	60.00	8	6D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
34.00	35.00	100.00	100	100	70	70.00	8	6D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
35.00	36.00	100.00	77	77	60	77.92	10	7D-3F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea	0	Impermeable
36.00	36.70	70.00	61	87	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
36.70	37.50	80.00	67	84	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
37.50	38.00	50.00	50	100	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
38.00	38.80	80.00	38	48	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
38.80	40.17	137.00	78	67	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
40.17	40.80	63.00	26	41	12	46.15	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
40.80	41.70	90.00	78	87	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
41.70	42.00	30.00	22	73	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea	0	Impermeable
42.00	42.50	50.00	48	96	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
42.50	43.00	50.00	50	100	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
43.00	43.30	30.00	28	93	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
43.30	43.80	50.00	46	92	25	54.35	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
43.80	44.00	20.00	19	95	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
44.00	44.30	30.00	30		20	66.67	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
44.30	45.00	70.00	55	79	30	54.55	5	3D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
45.00	45.60	60.00	56	93	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
45.60	45.93	33.00	30	91	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
45.93	46.70	77.00	71	92	0	0.00	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
46.70	48.00	130.00	30	23	20	66.67	5	3D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea	0	Impermeable

SONDEO: CDP-399.4 UBICACIÓN: Talón Presa SECTOR 14							ANEXO 1 Tabla 3.A1.14							
TRAMO		Long.	RECUP.	RECUP.	RQD	RQD	FRACTURA		ABERTURA	ALTERACION	RELLENO	LITOLOGIA	VALOR LUGEON	MODELO LUGEON
DE (m)	A (m)	(cm)	(cm)	%	(cm)	%	#/m	Tipo (D,F,Cz)	Ab = abierta C = Cerrada		Patinas de oxidos, Arcilla, SiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , etc.			
48.00	48.30	30.00	25	83	20	80.00	4	3D-1F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
48.30	49.70	140.00	110	79	40	36.36	10	7D-3F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
49.70	50.37	67.00	75		30	40.00	8	6D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
50.37	51.10	73.00	70	96	10	14.29	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
51.10	51.60	50.00	45	90	15	33.33	>20		Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
51.60	52.50	90.00	46	51	25	54.35	10	10D	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
52.50	52.65	15.00	15		15	100.00	1	1D	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
52.65	52.85	20.00	20	100	10	50.00	2	2D	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
52.85	54.00	115.00	40	35	20	50.00	5	3D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea	-	-
54.00	54.60	60.00	55	92	30	54.55	7	5D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
54.60	55.10	50.00	47	94	45	95.74	6	5D-1F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
55.10	56.00	90.00	86	96	70	81.40	12	10D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
56.00	57.00	100.00	99	99	80	80.81	9	7D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
57.00	58.00	100.00	97	97	90	92.78	3	3D	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
58.00	58.70	70.00	70	100	70	100.00	5	3D-2F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea		
58.70	60.00	130.00	126	97	100	79.37	8	5D-3F	Cerrada	Frescas	-	Cuarcita Micacea	-	-



