



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Unidad de Posgrado

Modelo de monitoreo geológico- geotécnico mediante convergencias para definir el sostenimiento final de un túnel con fines civiles y mineros - túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Geología con
mención en Recursos Mineros

AUTOR

Richard Eduardo ANGELES BAZAN

ASESOR

Víctor Abel TOLENTINO YPARRAGUIRRE

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Angeles, R. (2022). *Modelo de monitoreo geológico- geotécnico mediante convergencias para definir el sostenimiento final de un túnel con fines civiles y mineros - túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Richard Eduardo Angeles Bazan
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45292886
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7459-5383
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Víctor Abel Tolentino Iparraguirre
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06656686
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4401-8846
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Tomás Ezequiel Gallarday Bocanegra
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08009915
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Alfonso Alberto, Romero Baylón
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	31625834
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Jorge Escalante Contreras
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	28286636
Datos de investigación	

Línea de investigación	C.0.1.14. Geología Aplicada a la Ingeniería
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Departamento: Lima Provincia: Oyon Distrito: Churín Latitud: -10.84401 Longitud: -76.89222
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2013 – julio 2016 2013 - 2016
URL de disciplinas OCDE	Geociencias, Multidisciplinar https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.01 Geología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.06



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año 2022, siendo las 17:00 horas, se reúnen los suscritos Miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 000158-2022-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 04 de marzo del 2022, con la finalidad de evaluar la sustentación virtual al amparo de la Directiva de la UNMSM aprobada con Resolución Rectoral N°01357-R-20 de la siguiente tesis:

TITULO

«MODELO DE MONITOREO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO MEDIANTE CONVERGENCIAS PARA DEFINIR EL SOSTENIMIENTO FINAL DE UN TÚNEL CON FINES CIVILES Y MINEROS - TÚNEL DE CONDUCCIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CHEVES»

Que, presenta el Bach. **RICHARD EDUARDO ANGELES BAZAN**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GEOLOGÍA CON MENCIÓN EN RECURSOS MINEROS**.

El Secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° 08716-FIGMMG-2018 del 26 de setiembre del 2018, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación, se procede con la calificación de la Tesis, de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente en conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

BUENO (16)

Habiendo sido aprobada la sustentación virtual de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GEOLOGÍA CON MENCIÓN EN RECURSOS MINEROS** al Bach. **RICHARD EDUARDO ANGELES BAZAN**.

Siendo las 18:00 horas, se dio por concluido al acto académico.

DR. TOMÁS EZEQUIEL GALLARDAY BOCANEGRA
Presidente

DR. ALFONSO ALBERTO ROMERO BAYLÓN
Secretario

MG. JORGE ESCALANTE CONTRERAS
Miembro

MG. VÍCTOR ABEL TOLENTINO YPARRAGUIRRE
Asesor

INDICE

CARATULA
 INDICE
 LISTA DE CUADROS
 LISTA DE FIGURAS
 LISTA DE FOTOS
 LISTA DE PLANOS
 RESUMEN
 ABSTRACT
 INTRODUCCION

CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Situación Problemática	1
1.2 Formulación del Problema.....	3
1.2.1 General	3
1.2.2 Específicos.....	3
1.3 Justificación Teórica	3
1.4 Justificación Práctica	3
1.5 Objetivos de la Investigación	4
1.5.1 General	4
1.5.2 Específicos.....	4
CAPITULO 2.....	5
MARCO TEORICO.....	5
2.1 Marco Filosófico o Epistemólogo de la Investigación	5
2.2 Antecedentes de Investigación	6
2.2.1 Internacionales.....	6
2.2.2 Nacionales	16
2.3 Bases Teóricas	24
2.3.1 Túnel	24
2.3.2 Desplazamientos de Convergencia.....	25

2.3.3	Nuevo Método Austriaco.....	28
2.4	Marco Conceptual o Glosario	29
2.5	Ubicación y Accesibilidad	34
2.6	Clima y vegetación	35
CAPÍTULO 3.....	36	
HIPOTESIS Y VARIABLES.....	37	
3.1	General.....	37
3.2	Específicas.	37
3.3	Identificación de Variables	37
3.4	Operacionalización de Variables	38
3.5	Matriz de Consistencia.....	42
CAPITULO 4.....	44	
METODOLOGÍA.....	44	
4.1	Tipo y Diseño de Investigación.....	44
4.2	Unidad de Análisis	46
4.3	Población de Estudio	46
4.4	Tamaño de la Muestra	47
4.5	Selección de Muestra	48
4.6	Técnicas de Recolección de Datos.....	51
4.7	Análisis e Interpretación de la Información	54
CAPÍTULO 5.....	66	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66	
5.1	Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	66
5.1.1	Geología Local	66
Formación Chimú.....	68	
Brechas vulcano-sedimentarias	71	
Grupo Casma.....	71	
Stock Churin Bajo	72	
Hornfels.....	73	
5.1.2	Sostenimiento Inicial	79
5.1.3	Geomecánica de la Zona donde se Instaló las Estaciones de Monitoreo Geológico - Geotécnico.	79
5.1.4	Fisuras en el Concreto Lanzado del Sostenimiento Inicial	93
5.1.5	Estaciones de Monitoreo Geológico – Geotécnico.....	101

5.1.6	Sostenimiento Final del Túnel de Conducción	103
5.2	Interpretación y Discusión de Resultados.....	111
5.2.1	Cantidad de Estaciones Instaladas en el Túnel de Conducción. 111	
5.2.2	Cuantificación de la Deformación del Sostenimiento Inicial Instalado.....	116
5.2.3	Cuantificación del Tiempo de Deformación del Sostenimiento Inicial Instalado.....	125
5.3	Pruebas de Hipótesis.....	129
5.4	Presentación de Resultados	133
	CONCLUSIONES.....	138
	RECOMENDACIONES.....	139
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
	ANEXOS.....	142
	ANEXO 01: REGISTRO Y CALCULO DE LAS CONVERGENCIAS DEL SOSTENIMIENTO INICIAL	142
	ANEXO 02: REGISTRO Y CALCULO DE LAS CONVERGENCIAS DEL SOSTENIMIENTO FINAL.....	161
	ANEXO 03: DISEÑO DE CONCRETO LANZADO PARA ROCA TIPO III Y PARA ROCA TIPO I.....	170

LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro 2.1.</i> Dominios litológicos de los taladros.	17
<i>Cuadro 2.2.</i> Comparación de deformaciones (mm) – interacción al usar sostenimiento.....	19
<i>Cuadro 2.3.</i> Coordenadas del Área de Investigación.....	35
<i>Cuadro 3.1.</i> Operacionalización de Variables.....	39
<i>Cuadro 3.2.</i> Matriz de consistencia.....	43
<i>Cuadro 4.1.</i> Registro de valores de las convergencias del sostenimiento inicial.	50
<i>Cuadro 4.2.</i> Registro de los valores RMR Tramo 0+998 - 1+564 y 2+140 - 2+425.....	56
<i>Cuadro 5.1.</i> Ubicación y valores de las fisuras en el concreto lanzado del sostenimiento inicial.....	93
<i>Cuadro 5.2.</i> Resumen de las medidas de convergencias posterior al sostenimiento final del túnel de conducción.....	109
<i>Cuadro 5.3.</i> Longitud total del túnel de conducción y la longitud del tramo ocupado por las estaciones de monitoreo geotécnico.	112
<i>Cuadro 5.4.</i> Primeros 2343 metros de longitud del túnel de conducción y tramo ocupado por las estaciones de monitoreo geológico - geotécnico.....	114
<i>Cuadro 5.5.</i> Diferencia acumulada promedio de las estaciones de monitoreo geológico – geotécnico.	116
<i>Cuadro 5.6.</i> Resumen por leyenda de colores del cuadro 6.5.	121
<i>Cuadro 5.7.</i> Densidad del número de estaciones de monitoreo geológico – geotécnico instaladas con diferencia acumulada mayores a 10 milímetros.	124
<i>Cuadro 5.8.</i> Cuantificación del tiempo de deformación del sostenimiento inicial.....	125

<i>Cuadro 5.9.</i> Promedio del transcurso de días en los cuales ocurrió la deformación del sostenimiento inicial en los tramos 1+000 – 1+325, 1+333.50 – 1+728 y 2+130 – 2+179 del túnel de conducción.	129
---	-----

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1.</i> “Resultados del Monitoreo Geodésico del Descenso de la Clave del Túnel. Túnel Estación 2”.	8
<i>Figura 2.2.</i> Vista ampliada de la Sección 3545.	9
<i>Figura 2.3.</i> Curva de convergencia.	11
<i>Figura 2.4.</i> Cimbras “Top Hat”.	14
<i>Figura 2.5.</i> “Método para calcular la evolución de la convergencia”.....	15
<i>Figura 2.6.</i> Representación gráfica de mediciones de convergencia en la progresiva 0+170.	19
<i>Figura 2.7.</i> Modelo Conceptual para el Análisis de Inestabilidad de Laderas.	23
<i>Figura 2.8.</i> Estación de convergencias indicando los puntos que se instalan en la sección del túnel.	26
<i>Figura 2.9.</i> Desarrollo típico de los desplazamientos de Convergencia.....	27
<i>Figura 4.1.</i> Diseño de Correlación entre Población, Unidad de Análisis y Muestras.	49
<i>Figura 4.2.</i> Operativización de los instrumentos de recolección de información y datos. Diagrama de procesos.	53
<i>Figura 5.1.</i> Columna Estratigráfica Local.	67
<i>Figura 5.2.</i> Formación Chimú, arenisca cuarzosa meteorizada intercalada con capas de limoarcillitas.	69
<i>Figura 5.3.</i> Formación Chimú, areniscas cuarzosas intercaladas con estratos delgados de carbón, capas con dirección de buzamiento 15°-20° y buzamiento 45°-50°; progresiva 0+144.90.	69

Figura 5.4. Formación Chimú, areniscas cuarzosas intercaladas con estratos delgados de carbón, capas con dirección de buzamiento 200°-210° y buzamiento 50°-65°; progresiva 0+347.10.....	70
Figura 5.5. Formación Chimú, areniscas cuarzosas intercaladas con estratos delgados de carbón, fracturas rellenas de calcitas, capas con dirección de buzamiento 10°-15° y buzamiento 70°-75°; progresiva 0+742.70.	70
Figura 5.6. Grupo Casma, Miembro inferior (Ki-cas/v). Zona de falla geológica, toba verdosa, capas con dirección de buzamiento 05°-10° y buzamiento 68°; progresiva 1+549.70.	72
Figura 5.7. Grupo Casma, Miembro inferior (Ki-cas/v). Andesita con presencia de humedad y zonas de óxidos, progresiva 1+558.50.....	73
Figura 5.8. Grupo Casma, Miembro inferior (Ki-cas/v). Andesita, con fallas geológicas rellenas de clorita, arcilla expansiva., progresiva 1+659.50.....	73
Figura 5.9. Grupo Casma, Miembro inferior (Ki-cas/v). Andesita, con presencia de falla geológica rellena de mineral expansivo con dirección de buzamiento 10°-15° y buzamiento 20°-30°, progresiva 2+159.50.....	74
Figura 5.10. Progresiva 0+951.20. Roca tipo II, avance del frente de 3.1 metros, buen autosostenimiento y alta resistencia a la compresión uniaxial como propiedades de la roca.....	80
Figura 5.11. Progresiva 0+975.00. Clasificada como roca tipo III, moderado a buen autosostenimiento, se evidencia presencia de carbón en la parte superior de la cara del frente.	81
Figura 5.12. Progresiva 1+006.80. La clasificación geomecánica evidencia roca tipo IV, presencia de carbón, las fracturas en la roca se encuentran rellenas de arcilla, producto de la descomposición del carbón.	82
Figura 5.13. Progresiva 1+013.50. Tramo de roca tipo III, según evaluación geomecánica, la sección luego de la excavación es irregular, aun se notan presencia de fallas rellenas de arcilla, planos de discontinuidades sub verticales cortando perpendicularmente al eje del túnel.	83
Figura 5.14. Progresiva 1+067.50. Tramo de roca tipo IV, presencia de carbón, avances menores a 1 metro.....	85

Figura 5.15. Progresiva 1+131.30. Tramo de roca tipo IV, presencia de carbón, avances menores a 1 metro	86
Figura 5.16. Progresiva 1+170.20. Roca tipo III, presencia de carbón, la roca presenta leve meteorización.	88
Figura 5.17. Progresiva 1+316.00. Roca tipo III, se evidencia presencia de falla sub vertical, rellena de arcilla, producto de la descomposición de la roca ígnea.	88
Figura 5.18. Progresiva 2+148.70. Roca tipo III, presencia de óxidos en bóveda y en la parte superior del frente de avance.	89
Figura 5.19. Progresiva 2+159.50. Roca tipo IV, se evidencia presencia de falla sub horizontal, con dirección de buzamiento de 10° y buzamiento de 25°.	90
Figura 5.20. Progresiva 2+166.60. Roca tipo IV, la excavación se sigue en la falla geológica compuesta de arcilla y material deleznable, los avances por excavación es menor a 1.2 metros.	91
Figura 5.21. Progresiva 2+168.20. Roca tipo IV, se evidencia presencia de agua en la parte superior de la cara del frente de avance.	91
Figura 5.22. Progresiva 2+182.90. Roca tipo III, la roca andesita presenta bajo grado de meteorización, se evidencia presencia de cuarzo relleno de las fracturas.	92
Figura 5.23. Progresiva 2+189.60. Roca tipo III, avance en este tramo de 3 metros, la roca presenta alto a moderada resistencia a la compresión simple.	93
Figura 5.24. Progresiva 1+031.5. Se evidencia fisura vertical en el concreto lanzado.	99
Figura 5.25. Progresiva 1+037. Se evidencia fisura vertical en el concreto lanzado.	99
Figura 5.26. Progresiva 1+107. Se evidencia fisura vertical en el concreto lanzado.	100
Figura 5.27. Progresiva 1+105. Se evidencia fisura vertical en el concreto lanzado.	100

Figura 5.28. Ubicación de los hitos para medida de convergencias en una estación de monitoreo geotécnico.	101
Figura 5.29. Ubicación de los hitos; la línea roja indica la medida a realizar con la huincha extensométrica; en la foto se muestra la progresiva 1+055.00 del túnel de conducción, el frente de avance tiene una dirección hacia aguas abajo.	102
Figura 5.30. Tramo 1+020 – 1+025. Ejecución del invert o concreto armado en el piso como parte del sostenimiento final denominado concrete lining.....	103
Figura 5.31. Tramo 1+102 – 1+107. Ejecución del invert o concreto armado en el piso como parte del sostenimiento final denominado concrete lining.....	104
Figura 5.32. Tramo 1+190 – 1+200. Ejecución del invert o concreto armado en el piso como parte del sostenimiento final denominado concrete lining.....	104
Figura 5.33. Tramo 1+150 – 1+160. Ejecución del sostenimiento final denominado concrete lining.	105
Figura 5.34. Tramo 1+150 – 1+160. Ejecución del sostenimiento final denominado concrete lining.	105
Figura 5.35. Tramo 2+145 – 2+165. Ejecución del sostenimiento final denominado concrete lining.	106
Figura 5.36. Tramo 2+145 – 2+165. Ejecución del sostenimiento final denominado concrete lining.	106
Figura 5.37. Tramo 2+145 – 2+165. Ejecución del sostenimiento final denominado concrete lining.	107
Figura 5.38. Tramo 2+145 – 2+165. Ejecución del sostenimiento final denominado concrete lining.	107
Figura 5.39. Número de estaciones de monitoreo geológico geotécnico en el túnel de conducción.	113
Figura 5.40. Número de estaciones de monitoreo geológico geotécnico en los 2343 primeros metros del túnel de conducción.....	115
Figura 5.41. Resultados obtenidos y planteamiento de la hipótesis del túnel de conducción.....	131

Figura 5.42. Modelo geológico vista Noreste – Suroeste.....	134
Figura 5.43. Modelo geológico vista Noreste – Suroeste.....	135
Figura 5.44. Modelo geológico vista Noreste – Suroeste.....	136
Figura 5.45. Modelo geotécnico mediante convergencias analizado.....	137

LISTA DE GRAFICOS

<i>Gráfico 5.1.</i> Porcentaje del tramo del túnel de conducción ocupado por convergencias.....	113
<i>Gráfico 5.2.</i> Porcentaje del tramo del túnel de conducción ocupado por convergencias en los 2343 primeros metros.	115
<i>Gráfico 5.3.</i> Porcentaje de estaciones de monitoreo geológico – geotécnico con diferencia acumulada mayores a 10 milímetros.	121
<i>Gráfico 5.4.</i> Diferencia acumulada promedio y su ubicación en los tramos del túnel de conducción.	122
<i>Gráfico 5.5.</i> Densidad del número de estaciones de monitoreo geológico – geotécnico con diferencia acumulada mayores a 10 milímetros.....	124
<i>Gráfico 5.6.</i> Promedio de días en los cuales ocurrió la deformación del sostenimiento inicial de la zona donde se instaló las estaciones de monitoreo geológico - geotécnico.	129

LISTA DE PLANOS

PLANO 01. GEOLOGÍA REGIONAL.

PLANO 02. PERFIL LONGITUDINAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO
CHEVES.

PLANO 04. SOSTENIMIENTO POR TIPO DE ROCA.

PLANO 05. PLANO GEOMECÁNICO TRAMO 0+900 - 1+050.

PLANO 06. PLANO GEOMECÁNICO TRAMO 1+050-1+200.

PLANO 07. PLANO GEOMECÁNICO TRAMO 1+200-1+350.

PLANO 08. PLANO GEOMECÁNICO TRAMO 2+100-2+250.

PLANO 9-A. PLANO SOSTENIMIENTO FINAL.

PLANO 9-B. PLANO SOSTENIMIENTO FINAL.

RESUMEN

La investigación analiza el impacto que se generó luego de haber aplicado el modelo de monitoreo geotécnico mediante convergencias en el túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves – ubicada en el distrito de Churín, provincia de Oyón, departamento de Lima. El túnel de conducción consta de 9693 metros de longitud; durante el proceso de excavación subterránea mediante el método NATM, se intercepta el contacto Geológico entre el Grupo Casma y la Formación Chimú, que fue afectado por el evento del post Intrusivo Churín, que aumento las zonas de debilidad en la Formación Casma, como fallas geológicas rellenas de minerales expansivos que están buzando al interior del eje del túnel.

El sostenimiento inicial del túnel de conducción fue definido después de haber evaluado mediante clasificación geomecánica; posteriormente en los tramos donde se evidencio intensidad de fracturamiento que origina rocas blandas que integran el macizo rocoso, se instalaron estaciones de convergencias, con el fin de monitorear la deformación en tiempo y espacio del sostenimiento instalado, aplicando así el modelo de monitoreo geotécnico. En consecuencia, se tuvo como objetivo analizar el modelo de monitoreo geotécnico en el túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves-Churín.

Palabras Clave: modelo de monitoreo geotécnico por convergencias, y sostenimiento final del túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves – Churín.

ABSTRACT

The research analyzes the impact that was generated after having applied the geotechnical monitoring model through convergences in the conduction tunnel of the Cheves hydroelectric plant - located in the district of Churín, province of Oyón, department of Lima. The conduction tunnel is 9693 meters long; During the underground excavation process using the NATM method, the geological contact between the Casma Group and the Chimú Formation is intercepted, which was affected by the post-Intrusive Churín event, which increased the areas of weakness in the Casma Formation, such as geological faults. filled with expansive minerals that are dipping into the tunnel shaft.

The initial support of the conduction tunnel was defined after having been evaluated by means of geomechanical classification; Subsequently, in the sections where the intensity of fracturing that originates soft rocks that make up the rocky massif was evidenced, convergence stations were installed, in order to monitor the deformation in time and space of the installed support, thus applying the geotechnical monitoring model. Consequently, the objective was to analyze the geotechnical monitoring in the conduction tunnel, underground excavation, of the Cheves-Churín hydroelectric plant.

Keywords: geotechnical monitoring model for convergences, and final support of the conduction tunnel of the Cheves - Churín hydroelectric plant.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

La Central Hidroeléctrica Cheves está ubicada en el río Huaura, aproximadamente a 130 km al norte de Lima, entre las provincias de Huaura y Oyón; dentro de sus componentes incluye el túnel de conducción (frente de excavación denominado DR -04) que presenta una longitud de 9693 metros lineales, y el tramo final lo constituye el túnel de descarga (frente de excavación denominados DR-14 y DR-15) que consta de 3.20 Km, aparte de ello se excavó una caverna en la que se instaló una casa de máquinas en la cual se encuentran las dos turbinas Pelton, las que generan energía eléctrica; obviamente que en este proyecto también se realizó túneles de accesos y bypass que sirvieron para la construcción final de dicha hidroeléctrica.

En esta tesis se analiza el impacto que se generó luego de haber aplicado el modelo de monitoreo geotécnico mediante convergencias en el túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín; ya que dicho análisis hasta el momento no ha sido presentado. El túnel de conducción presenta una sección de excavación de tipo baúl.

Para la evaluación geomecánica de los frentes de excavación del túnel de la Central Hidroeléctrica Cheves se utilizaron dos métodos de clasificación geomecánica: el RMR (Rock Mass Rating) propuesto por Bienawski (1989) y el Sistema Q propuesto por Barton (1974).

En el tramo comprendido entre las progresivas 2+158.00 a 2+180.00 del Túnel de Conducción (Frente de excavación DR- 04), al momento de la excavación se intercepto una falla geológica buzando al interior del eje del túnel, esta falla geológica se encontraba rellena de minerales expansivos. De la evaluación Geomecánica realizada in-situ al momento de la excavación subterránea, se obtuvieron valores promedios: según Clasificación RMR de 8 (Roca Tipo V) y según clasificación Q de Barton de 0.01 (roca extremadamente mala).

El modelo geotécnico aplicado en el túnel de conducción que se desarrolló en la central hidroeléctrica Cheves- Churin consistió en instalar 108 estaciones de monitoreo geotécnico en distintos tramos del túnel de conducción, cada estación de monitoreo consta de tres hitos, un hito se ubica en el centro de la corona o bóveda los otros dos en el hastial derecho y hastial izquierdo respectivamente, con ello se mide la deformación o movimiento de la sección del sostenimiento del túnel. Los resultados de las medidas en las estaciones del monitoreo geotécnico de la progresiva Km 1+080 arrojaron valores de hasta 38.29 mm de diferencia acumulada, en la estación de monitoreo geotécnico de la progresiva Km 1+091 se observó un valor de 38.28 mm de diferencia acumulada, y en la estación de monitoreo geotécnico de la progresiva Km 1+121 se observó el valor más alto de convergencias con 78.03 mm de diferencia acumulada.

Se colocó un sostenimiento Inicial y un sostenimiento final, el sostenimiento final fue complejo debido a los altos valores que arrojaron las estaciones de monitoreo geológico- geotécnico.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 General

¿Es posible analizar el modelo de monitoreo geotécnico mediante convergencias aplicado al túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Chuín?

1.2.2 Específicos

1. ¿Se puede analizar la excavación, tipo de sostenimiento y condiciones geológicas del túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves?
2. ¿Podría analizarse las convergencias evidenciadas en el túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves- Churín?

1.3 Justificación Teórica

Se justifica por la información revisada de informes y libros existentes, donde encontramos la clasificación geomecánica y Q de Barton, en el trazado del eje de la central hidroeléctrica Cheves- Churín, que fue dado en el proyecto de factibilidad.

1.4 Justificación Práctica

Dicha justificación fue evidenciada o demostrada con la construcción realizada por la empresa del eje del túnel de 9693 metros lineales, la cual demostró que la justificación teórica era la adecuada.

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 General

Analizar el modelo de monitoreo geotécnico mediante convergencias aplicado al túnel ya realizado, túnel de conducción de la central Cheves – Churín.

1.5.2 Específicos

1. Estudiar la excavación, tipo de sostenimiento y condiciones geológicas del túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves- Churín.
2. Verificar las medidas de convergencias del túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves - Churín.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1 Marco Filosófico o Epistemólogo de la Investigación

En el desarrollo de esta tesis se ha empleado las siguientes corrientes filosóficas:

Método de descartes: se hace un resumen de esta tesis se ha seguido una metodología.

Positivismo: La tesis ha desarrollado las diferentes etapas del método científico que son, mirar, observar, describir, analizar, comparar y concluir.

Pragmatismo: Esta tesis está sujeta a la crítica y al mejoramiento por el lector interesado.

Filosófico de Cooper: Esta tesis está sujeto a la negación, ya que no todos los lectores están de acuerdo con lo descrito en esta tesis.

Neoliberalismo: Se ha desarrollado con plena libertad del autor, respetando la democracia académica.

2.2 Antecedentes de Investigación

2.2.1 Internacionales

Rey, M. (2016), realizó una investigación denominada “Análisis de la Instrumentación y del Monitoreo Geotécnico en Túneles Estación e Interestación del metro de Santiago” (Rey, 2016, p.2)., la cual tuvo la colaboración de la Universidad de Chile. “El proyecto involucra la excavación de 37 km de túneles y 28 estaciones (Rey, 2016, p.1), y su ubicación geográfica está en Santiago de Chile en la comuna de Pedro Aguirre Cerda, la Avenida Carlos Valdovinos, con altitudes máximas de 400 m. Los objetivos trazados fueron analizar el plan de instrumentación y monitoreo geotécnico de desplazamientos implementado para un tramo de la construcción de túneles (Rey, 2016, p.4), “estación” e “interestación”; considerando la revisión e interpretación del monitoreo geotécnico, evaluando la efectividad del plan de instrumentación y del monitoreo, en base a las excavaciones que se realizó en dicha construcción” (Rey, 2016, p.2).

“El Método de Monitoreo Geotécnico de las Obras Subterráneas considerado en este estudio, tiene como objetivo inspeccionar los movimientos de las obras en ejecución para la verificación de las hipótesis y resultados de cálculo adoptados en el diseño y para el aseguramiento de la seguridad de la construcción” (Rey, 2016, p.2); adicionalmente el plan de monitoreo es de particular importancia ya que evalúa los siguientes aspectos:

- “Confirmar la función portante del suelo que se ubica alrededor del túnel y del sostenimiento que se ha diseñado” (Rey, 2016, p.53).

- “Validar el método y la secuencia de ejecución de la excavación y revestimiento, comprobando los objetivos de asentamientos previstos en el proyecto” (Rey, 2016, p.53).
- “Comprobar la necesidad de colocar elementos adicionales en el revestimiento del túnel” (Rey, 2016, p.53).

“Las condiciones geológicas - geotécnicas de los piques y estaciones se basa prácticamente en la exploración realizada, de ello se identificaron cinco unidades geotécnicas; Rellenos antrópicos, Gravas fluviales de las depositaciones distales de los ríos Mapocho y Maipo, Suelos finos limosos y arcillo-limosos, Suelos arenosos, Suelos compuestos de arena limosa de origen volcánico (pumicitas)” (Rey, 2016, p.100).

Comparando esta secuencia estratigráfica con la que se encuentra en nuestra zona de investigación existen diferencias importantes; geocronológicamente los depósitos donde se emplaza el proyecto de la estación y túneles de Chile, son recientes, pertenecientes a la Época Holoceno, a diferencia de nuestra investigación, cuyas excavaciones subterráneas se han realizado en la Formación Paccho Tingo y Grupo Casma ambos pertenecientes al Periodo Paleógeno y Periodo Cretácico respectivamente, rocas intrusivas pertenecientes al Stock Churin, Intrusivo denominado así por los geólogos del proyecto Cheves y roca hornfels que fue descrita como una roca metamórfica de grano fino resultante del metamorfismo de contacto perteneciente a la edad Massrtichtiano y Campaniano.

Otra diferencia importante que influye en la toma de mediciones de la convergencias es el encampane, en la línea del metro de Chile el túnel de la estación 2, (Rey, 2016, p.51).

Las gráficas presentadas por Rey (2016), “muestran los resultados de las medidas de convergencias donde se relaciona la evolución de la subsidencia con respecto al tiempo. Los gráficos, presentan tres ejes distintos. El eje horizontal representa el tiempo en días. El eje vertical izquierdo representa la subsidencia en milímetros, lo que genera las curvas de asentamiento (líneas segmentadas), mientras que el eje derecho representa el avance del túnel correspondiente a la sección observada, lo que genera las curvas de avance (líneas continuas); debajo de cada grafico se ilustran la frecuencia con que fueron ejecutadas las mediciones de subsidencia de la sección observada. Cabe destacar que se decidió no escalar los gráficos de igual forma, con tal de poder observar con más detalle las curvas” (Rey, 2016, p.66).

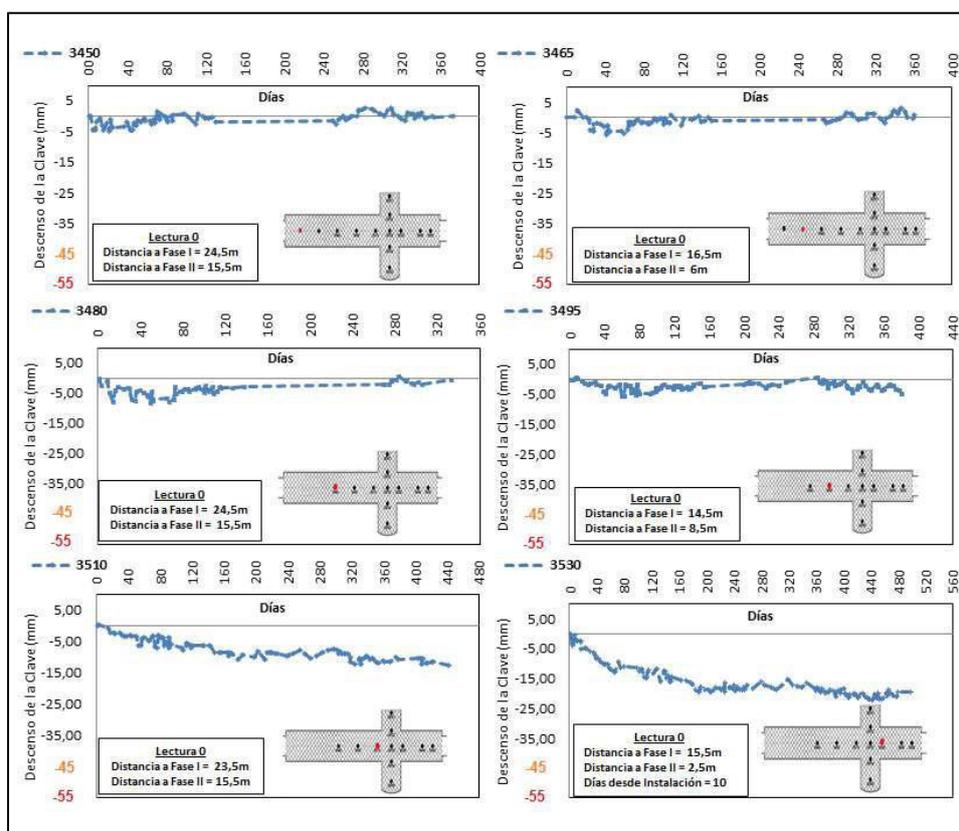


Figura 2.1. “Resultados del Monitoreo Geodésico del Descenso de la Clave del Túnel. Túnel Estación 2”. Fuente: Mauricio Rey (2016).

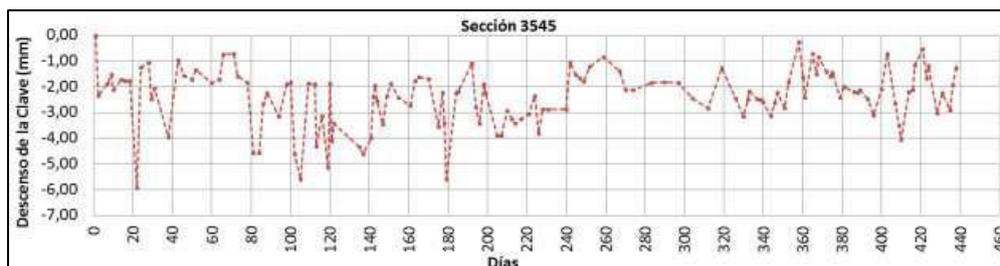


Figura 2.2. Vista ampliada de la Sección 3545. *Fuente:* Mauricio Rey (2016).

La memoria realizada por Rey, M.(2016), en el Metro de Santiago de Chile, tuvo como fin “exponer metodologías complementarias y hacer recomendaciones, en relación a la propuesta de instrumentación y monitoreo que se aplicó en dicho proyecto, con el fin de introducir mejoras en proyectos futuros” (Rey, 2016, p.118).

Finalmente concluye: “(1) las subsidencias se registraron con precisión por lo que la medida de convergencias resulto ser apto y fiable en las condiciones en las que se ejecutó. (2) Las mediciones de subsidencia representan desplazamientos totales, mientras que las medidas de convergencia son relativas, y aportan menos en la medida que las lecturas -cero- se realicen tarde. Por lo tanto, se propone apoyarse más en mediciones realizadas desde la superficie, ya que suelen ser más ricas en información” (Rey, 2016, p.131).

Echeverría, J. (2013), en su tesis magistral, realiza el estudio denominado “Interacción suelo-túnel, con revestimiento sometido a carga anisotrópica. El proyecto de investigación analiza los esfuerzos y las deformaciones tanto en el suelo como en el anillo de soporte (sostenimiento), que deben ser compatibles, es decir, hace la relación entre el terreno y anillo de concreto como sostenimiento

existiendo una interacción suelo-estructura. Se propone una interpretación diferente de la curva de convergencia conjunta anillo-suelo, la cual hace uso también de los principios tradicionales de la curva característica como son el hecho de que el aporte del frente de excavación se desvanece a medida que la sección que limita el corte se aleja del lugar de medición de la convergencia” (Echevarría, 2003, p.4).

“Analiza la labor unida que realizan los anillos de revestimiento (sostenimiento), y el terreno que rodea el túnel para soportar la redistribución de presiones causada por el emplazamiento de la obra subterránea” (Echevarría, 2003, p.4).

En términos generales, “el objetivo del proyecto de investigación es analizar el comportamiento de los anillos de revestimiento cuando estos son colocados en túneles cuyo terreno de emplazamiento esta Interacción suelo-túnel, con revestimiento sometido a carga anisotrópica sometido a esfuerzos naturales anisotrópicos, es decir con coeficientes de presión de tierras en reposo diferentes a la unidad ($K_0 \neq 1$), en ese caso se asume que los materiales tienen un comportamiento elástico - plástico. El estudio incluye la revisión del avance progresivo de los esfuerzos internos dentro de los anillos (mediante medidas de convergencias), a medida que van asumiendo las cargas que se le transfieren tras los desplazamientos del terreno hacia el interior del túnel. Para conseguir los objetivos propuestos en esta investigación se utilizó el programa de elementos finitos Phase 2” (Echevarría, 2003, p.11).

Las gráficas de curva convergencias realizadas por Echevarría (2013), muestran “los valores de los desplazamientos contra las magnitudes sucesivas de fuerzas distribuidas internas, tal y como se muestra en la Figura 03” (Echevarría, 2003, p.65).

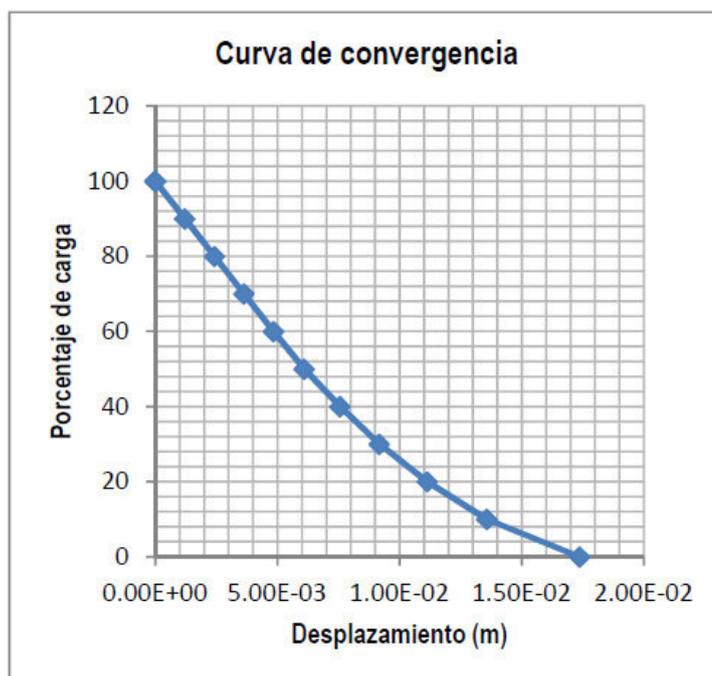


Figura 2.3. Curva de convergencia. Fuente: Jaime Echeverría (2013).

En el caso de nuestra investigación se representan las gráficas de convergencias, teniendo en cuenta el análisis bidimensional tiempo-desplazamiento configurando las curvas de convergencias para cada estación de monitoreo geológico geotécnico.

Finalmente, Echeverría (2013), concluye que **“las curvas de convergencia son hasta el momento la metodología que más se acerca a los conceptos de interacción suelo-estructura en el tratamiento de las obras subterráneas, sin embargo, como se mencionó a lo largo del trabajo, el modo como se incorpora a dicha curva la instalación del sistema de soporte no es el más apropiado, ya que una vez se pone en funcionamiento el dispositivo de revestimiento se superponen las gráficas esfuerzo deformación del terreno y del refuerzo sin tener en cuenta, el trabajo mancomunado que hacen como conjunto (Echeverría, 2003, p.97). Por lo que la metodología de diseño propuesta en este trabajo de investigación hace uso en gran medida del método para la determinación de las curvas características del terreno conocido como de “convergencia-**

confinamiento”, y en su principio básico de que las fuerzas radiales internas representan el efecto de auto-soporte que brinda la cercanía del frente de excavación a la sección de control que este siendo monitoreada; por lo anterior el punto de equilibrio que debería, servir para la valoración de las fuerzas internas en el **diseño de los anillos de concreto es el que se genera por la intersección de la función que combina el aporte terreno-dispositivo de soporte con el desplazamiento**” (Echevarría, 2003, p.98).

Sandoval, J. (2008), en su tesis doctoral, realiza el estudio denominado – “Estudio de la convergencia por fluencia de túneles circulares en medios viscoelásticos plásticos”; en el cual estudia las convergencias de los túneles en un medio viscoelástico – plástico, desarrollando y formulando “una solución analítica de la ecuación que permite calcular la convergencia de un túnel excavado en un medio viscoelástico – plástico, sometido a un estado de tensión axial simétrica y de deformación plana. Esta investigación incluye las propiedades reológicas del medio, de las cuales depende la evolución de la convergencia a lo largo del tiempo, siendo las variables de estas funciones temporales las constantes viscoelásticas del medio” (Sandoval, 2008, p.1).

La formulación propuesta por Sandoval, J. (2008), “permite la consideración de criterios de rotura lineales (como el de Mohr), y criterios de rotura no lineales (como el de Hoek y Brown). También se ha resuelto el cálculo de la evolución de la convergencia de la pared del túnel cuando está sometida a una presión de sostenimiento constante. El método está basado en el concepto de las líneas características del medio reológico, las cuales evolucionan con el tiempo. Esta solución, se ha propuesto para los casos en los cuales se espera grandes deformaciones por fluencia con sostenimientos que luego de su deformación inicial elástica, mantienen una presión de sostenimiento constante. Tales casos

podrían ser aquellos en los que el sostenimiento es colocado tempranamente y que está formado por cerchas metálicas con juntas deslizantes” (Sandoval, 2008, p.2).

“La implementación informática del cálculo de las expresiones de la convergencia se realizó a través de códigos escritos en el lenguaje de programación Matlab 7.0” (Sandoval, 2008, p.3).

El objetivo trazado “es dar a conocer el estado actual del conocimiento relacionado con el fenómeno de la fluencia y el estudio de sus efectos en la convergencia de los túneles. Para ello, Sandoval (2008), propone el método de cálculo de la evolución de la convergencia de la cavidad cuando existe una presión interior constante. El método está basado en el concepto de las líneas características de los medios reológicos, las cuales evolucionan con el tiempo. Se propone para los casos de túneles en los que se espera grandes deformaciones por fluencia y cuyos sostenimientos ejercen presión de soporte constante después de la deformación inicial elástica. Este tipo de sostenimiento podría ser el caso formado por cimbras metálicas con juntas deslizantes colocadas tempranamente. En la figura 2.4 se muestra el detalle de este tipo de junta en la cimbra conocida como “Top Hat”. El método que presenta es gráfico, en él se hace uso de la evolución de las líneas características del medio y de la presión de deslizamiento de la junta (σ_y). Para el cálculo propuesto a σ sería igual a σ_y . En el tipo de cimbra mencionado en el párrafo anterior, puede suceder que la presión máxima durante el deslizamiento sea menor que la máxima soportada antes de que se produzca el deslizamiento. Esto debido a que el coeficiente de rozamiento dinámico (μ_d), sea menor que el coeficiente de rozamiento estático (μ_s). El método propuesto continuaría siendo válido debido a que; en el concepto de las líneas características la trayectoria de tensiones de la presión de sostenimiento es decreciente” (Sandoval, 2008, p.143).

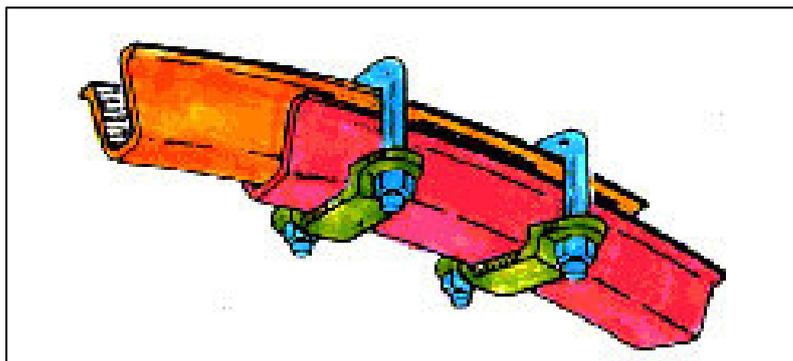


Figura 2.4. Cimbras “Top Hat”.

Fuente: José Sandoval (2008).

Así, Sandoval (2008), sugiere que “la evolución, con el tiempo, de la línea característica del medio dependería de las condiciones de contorno siguientes” (Sandoval, 2008, p.143):

“De la profundidad a la que se halla el túnel, si se cumple que $p_0 > p_{cr10}$ y que $\sigma_a < \sigma_R$. En ese caso, la línea característica tiene un tramo viscoelástico y otro viscoelástico-plástico. De lo contrario la línea característica es viscoelástica únicamente. En este caso no se produce la zona rota alrededor del túnel, ni la interfase viscoelástica-plástica, con lo cual las deformaciones alrededor del túnel son únicamente de tipo viscoelástico”.

“De la tensión desviadora máxima (q) producida por la excavación del túnel. Cuando esta tensión, es menor que la resistencia a largo plazo del medio, la evolución de la línea característica será temporal debido a que únicamente se producirá fluencia transitoria. En este caso la convergencia del túnel sostenido ($\epsilon a \theta(t)$) tenderá hacia un valor finito como se pretende ilustrar en la figura 05. La magnitud de la convergencia dependerá de la tensión de deslizamiento de la junta (σ_{ya}) y de los valores de las propiedades reológicas del medio. Cuando el valor máximo de la tensión desviadora (q) producida por la excavación del túnel es mayor que el de resistencia a largo plazo

del medio, la evolución de la línea característica será continua a lo largo del tiempo. Esto debido a que además de la fluencia transitoria el medio sufrirá también fluencia secundaria. En este caso, la evolución de la convergencia $\varepsilon^a(t)$ continuará hasta la ocurrencia del colapso por fluencia terciaria” (Sandoval, 2008, p.144).

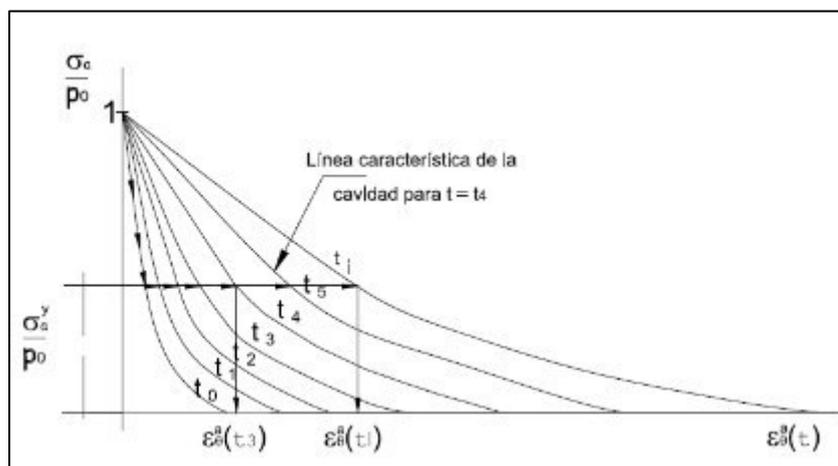


Figura 2.5. “Método para calcular la evolución de la convergencia”.

Fuente: José Sandoval (2008).

Los pasos son:

- “Dibujar las líneas características para diferentes tiempos, abarcando el periodo de tiempo de estudio, como se muestra en la figura 2.5” (Sandoval, 2008, p.144).
- Obtener la evolución de la convergencia, en el tiempo, a partir de leer en las líneas características de la cavidad: el valor correspondiente a la presión de sostenimiento (σ_{ya}).

Las soluciones propuestas por Sandoval, J., (2008), de las expresiones de la convergencia axial simétrica en medios viscoelásticos - plásticos están basadas en un planteamiento analítico del estado de tensiones y deformaciones alrededor del túnel. En esta investigación también se da a conocer un modo inédito de tratar los términos de la convergencia que dependen de las propiedades viscoelásticas del medio. Términos a los en este estudio se les ha llamado funciones temporales y que se representan por (t)

$\sigma_r(t)$ y $u_r(t)$. Estos términos, se han formulado de acuerdo con la respuesta de la componente viscoelástica de los medios propuestos. Tal como se han planteado en este estudio, cabe mencionar que las variables de estas funciones son las constantes viscoelásticas del medio. Gracias a la formulación mecanicista de los medios propuestos, se ha podido resolver el caso en que estos términos representen cambios volumétricos viscoelásticos además de distorsiones angulares viscoelásticas.

2.2.2 Nacionales

En el año 2012, la Ingeniera Yuling Quispe, en su Tesis Magistral denominada - Comportamiento de la roca blanda en un túnel de exploración diseñado con el sistema Q; realiza el monitoreo usando la técnica de mediciones de convergencia en 4 estaciones a lo largo del túnel, para ver el comportamiento de la roca blanda. El estudio fue realizado en el túnel de exploración Paja Blanca del proyecto minero La Granja, desde el tramo 0+000 al 0+300.

El proyecto La Granja abarca 7,400 hectáreas y su ubicación geográfica en el distrito de Querocoto, provincia de Chota, región Cajamarca.

Los objetivos trazados fueron “revisar la influencia de la roca blanda en la estabilidad de obras de tunelería, evaluar la aplicación del sistema Q en el diseño de sostenimiento de un túnel en roca blanda y analizar el comportamiento de la roca blanda mediante mediciones de convergencia en cada fase de avance durante la construcción del túnel de exploración Paja Blanca” (Sandoval, 2008, p.144).

“Geológicamente el túnel de exploración Paja Blanca atraviesa pórfidos dacíticos con diferentes alteraciones hidrotermales y brecha

tectónica e hidrotermal. El Pórfido Dacítico (EDP) es descrita como una roca ígnea hipabisal de color gris claro con textura porfírica y matriz microcristalina. Sus minerales esenciales están constituidos por cuarzo, plagioclasas microfracturadas, macladas y zonadas. Los fenocristales de cuarzo presentan bordes irregulares. Los minerales accesorios están representados por piroxenos, biotita y horblenda. Los dominios litológicos encontrados en los taladros pilotos los resumen en el siguiente cuadro” (Sandoval, 2008, p.146).

Cuadro 2.1. Dominios litológicos de los taladros.

Intervalo		Litología
De	A	
0+000	0+144	Pórfido Dacítico (EDP) intercalado con brecha hidrotermal SRBX de alteración sericítica
0+144	0+299.20	Pórfido Dacítico (EDP) intercalado con brecha tectónica TBX
0+299.20	0+396.95	Pórfido Dacítico (EDP)

Fuente: Yuling Quispe (2012).

Comparando la litología que atravesó los túneles del proyecto Cheves, se tiene:

- Grupo Casma, compuesta de brecha andesita de textura porfírica, con moderado fracturamiento y alta resistencia a la compresión uniaxial.
- Formación Chimú, constituida de cuarcita intercalada con capas de arenisca cuarzosa, pizarra bituminosa y ocasionalmente lentes de roca carbón y roca triturada.
- Sotck Churín compuesto de tonalitas y cuarzo monzonitas.
- Roca hornfels, roca metamórfica de grano fino resultante del metamorfismo de contacto.

Tomando en cuenta el Grupo Casma, la litología es casi similar al del proyecto la Granja.

“La construcción del Túnel en Roca Blanda del proyecto minero La Granja se realizó mediante excavación subterránea con retroexcavadora, limpieza y sostenimiento a la brevedad posible debido a la roca blanda que atravesó el túnel en su mayor parte” (Quispe, 2012, p.63). Similar caso y sistema de excavación que se ejecutó en el tramo 2+158 a 2+180 del Túnel de Conducción del proyecto Cheves.

Refiriéndose a las mediciones de convergencia del Túnel en Roca Blanda del proyecto minero La Granja, estas se realizaron con cinta extensométrica. “Los pernos de medición fueron de tipo Hilti de 1/2” de diámetro y se colocaron en la roca una vez terminado los trabajos de sostenimiento al medio de 2 cimbras aproximadamente. Una vez colocados los pernos de convergencia se empezó las mediciones lo más rápido posible tras la excavación, ya que de otro modo se pierde información de gran parte de las deformaciones producidas” (Quispe, 2012, p.86).

“La medición se realizó usando los 3 puntos en tramos: A-B, B-C, y A-C, con 3 lecturas por tramo” (Quispe, 2012, p.88).

“La Ingeniera Yuling Quispe, indica que las mediciones se realizaron diariamente por 10 días luego 2 veces por semana pasando luego a 1 medición por semana, finalmente las mediciones mensuales para su control respectivo” (Quispe, 2012, p.88).

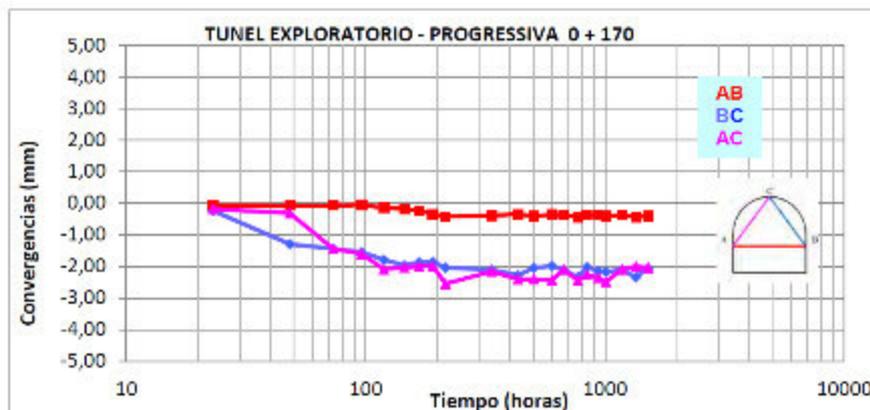


Figura 2.6. Representación gráfica de mediciones de convergencia en la progresiva 0+170.

Fuente: Yuling Quispe (2012).

Concerniente al Estudio del Sostenimiento en el Túnel. La Ingeniera realizó la simulación de convergencias para medir el resultado que causa el uso del sostenimiento. “En dicho caso lo realizó para la progresiva 0+195 del Túnel; la simulación lo efectuó usando el software Phase2, y realiza la interacción entre el uso del sostenimiento y el no uso de sostenimiento, donde se puede notar que las deformaciones pueden disminuir considerablemente, como muestra la siguiente tabla” (Quispe, 2012, p.93).

Cuadro 2.2. Diferencias de convergencias (mm).

Ubicación en Borde de Excavación	Sin Sostenimiento	Solo Arcos de Acero	Solo Arcos de acero + Shotcrete	Sostenimiento combinado (pernos+shotcrete+arcos de acero)
1	4.3	3.9	2.7	2.6
2	3.6	3	1.6	1.4
3	4.3	3.9	2.7	2.6
4	4.8	4.7	4.2	4.1
5	5.3	5.1	4.6	4.6

Fuente: Yuling Quispe (2012).

Refiriéndose a los resultados obtenidos propone que “es posible alcanzar el mayor efecto de reducción de deformaciones con el uso

del sostenimiento combinado (pernos + shotcrete + arcos de acero), en tal efecto el usar solo arcos de acero como sostenimiento la deformación es mayor en comparación al uso de (arcos de acero + shotcrete), e indica que las mayores deformaciones se producen en las paredes del túnel y el piso” (Quispe, 2012, p.94).

Finalmente concluye que “la importancia del conocimiento de la geotecnia y el rendimiento de observación de la calidad de la roca insitu en cada etapa de excavación del túnel puede advertir las diferencias del tipo de sostenimiento asignado en el diseño proyectado y el tipo de sostenimiento requerido en el momento; por lo que, el diseño proyectado no tiene mucha semejanza con la información insitu, en tal sentido hay que tener en cuenta que en un estudio de anteproyecto los valores que se adoptan son conservadores. La finalidad de la investigación fue mostrar el comportamiento del túnel en roca blanda diseñado con la aplicación de uno de los métodos de clasificación de rocas más usados en excavaciones subterráneas. Los resultados de las mediciones de convergencia en el comportamiento de la roca blanda, indicaron que el tipo de sostenimiento aplicado según el sistema Q durante la construcción fue apropiado, lo cual no originó deformaciones mayores de 5 mm medida que está dentro del rango permisible” (Quispe, 2012, p.96).

Zorrilla, L., (2015), en su tesis doctoral titulada - La seguridad en el sostenimiento con criterios geomecánicos en la excavación subterránea de la central hidroeléctrica Cerro del Águila. Investiga el comportamiento geomecánico de las excavaciones subterráneas en el área de Casa de Máquinas que incluye otras excavaciones como, la Caverna de Transformadores y trabajos de tunelería como Túnel de Conducción, Pique de Presión y Túnel de Descarga. Cuyo objetivo general “es aplicar las clasificaciones geomecánicas del

macizo rocoso e investigar el comportamiento geomecánico del mismo como resultado de los trabajos de excavación subterránea” (Zorrilla, 2015, p.3).

En este proyecto de investigación se utiliza las clasificaciones geomecánicas “índice Q de calidad de la roca de Barton del NGI (1974)” y la clasificación geomecánica RMR desarrollado por Bieniawski (1989), detallando el comportamiento geomecánico del macizo rocoso, y así definir “los estándares de seguridad para el sostenimiento, sustentados en la aplicación de criterios geomecánicos. Dentro de los objetivos específicos se menciona determinar el comportamiento geomecánico del macizo rocoso en función a la clasificación geomecánica del área donde se excavarán las obras subterráneas para garantizar un **sostenimiento seguro en la excavación**, y relacionar la calidad del macizo rocoso para el diseño del sistema de sostenimiento aplicado en las excavaciones subterráneas de la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila” (Zorrilla, 2015, p.5).

Si bien es cierto en este estudio no considera el monitoreo mediante convergencias o alguna técnica geotécnica para detectar deformaciones en el sostenimiento, parte de las conclusiones “es la utilización de mapeos geomecánicos durante el proceso de excavación subterránea, como un monitoreo preciso y oportuno de la construcción, así mejora el tratamiento sistemático y técnico de los problemas asociados a la misma y permite a su vez desarrollar un criterio preventivo al garantizar la estabilidad del área en proceso y el involucramiento de todos los trabajadores participantes en la actividad al incorporar a su cultura de seguridad herramientas técnicas concretas” (Zorrilla, 2015, p.198).

Dicho esto y en contraste con la investigación en desarrollo, se sugiere el modelo de monitoreo geológico- geotécnico como punto

esencial para implementar la seguridad en la excavación subterránea, y que debe ser incluido en los reglamentos de seguridad, ya que como muestra nuestro proyecto de investigación, el sostenimiento tomando en cuenta la clasificaciones geomecánicas, ya sea Q de Barton o RMR de Bieniawski, definen un sostenimiento temporal o preliminar, mas no un sostenimiento definitivo.

Rodríguez, S., (2016), en su tesis magistral titulada – “Método de investigación geológico-geotécnico para el análisis de inestabilidad de laderas por deslizamientos zona Ronquillo - Corisorgona Cajamarca – Perú”. Investiga la inestabilidad al encontrar un paleodeslizamiento sin edad determinada, con plano de falla curvo cilíndrico y alineado con la escarpa de falla - hundimiento y zona de tracción, con asentamientos diferenciales dentro de la terraza principal del paleodeslizamiento. Con ello la investigación plantea como problema general la correlación y causalidad entre la inestabilidad de laderas de suelos y rocas en la zona Ronquillo con los materiales geológicos, las precipitaciones pluviales y los cambios de valores de los parámetros físico-mecánicos. En este estudio se considera como puntos de control datos geoestructurales y parámetros geomecánicos; asimismo el estudio perfila como objetivo principal analizar la correlación y causalidad de la Inestabilidad de las laderas de la Zona Ronquillo, donde se presentan evidencias de procesos geodinámicos sobre suelos y rocas, los cuales están meteorizadas superficialmente y afectadas por fracturamiento y precipitaciones pluviales (Rodríguez, 2016,p. 11).

Rodríguez, S., (2016), explica la correlación y causalidad entre la inestabilidad de laderas de suelos y rocas en la zona Ronquillo con los materiales geológicos, las precipitaciones pluviales y los cambios de valores de los parámetros físico-mecánicos, formulando la hipótesis siguiente: La inestabilidad de laderas en la zona Ronquillo tiene relación causal entre suelos y rocas sedimentarias del

Cretácico y las precipitaciones pluviales, los cuales producen cambios en los parámetros físico-mecánicos. De esta forma considera como variables los factores geoestructurales, geoformas, geomecánicas e hidrológicas.

En definitiva genera un modelo geológico, un modelo geomecánico, un modelo numérico y un modelo geológico-geotécnico operacional, los cuales integra y finalmente origina un Modelo Conceptual para el Análisis de Inestabilidad de Laderas.

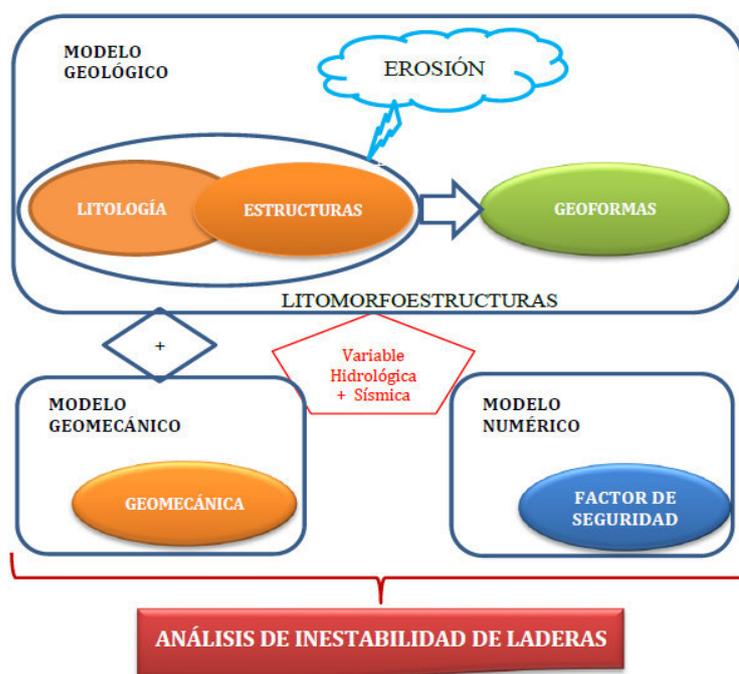


Figura 2.7. Modelo Conceptual para el Análisis de Inestabilidad de Laderas.

Fuente: Segundo Rodriguez (2016).

De esta manera el autor de la investigación determina la prueba de hipótesis mediante un modelo conceptual, generado de la relación entre las variables de características Intrínsecas determinadas por las propiedades del material y su resistencia, y las características extrínsecas determinadas y relacionadas con la morfología de la ladera y condiciones ambientales.

Sintetizando la investigación realizada por Rodríguez, S., (2016), asemeja al razonamiento asumido en nuestra investigación, la cual también utiliza condiciones geomecánicas, y mediante las convergencias genera un modelo de monitoreo geológico-geotécnico, la cual analiza la estabilidad de un túnel con fines civiles y mineros reforzada con sostenimiento.

2.3 Bases Teóricas

2.3.1 Túnel

El túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves consta de 9.6 Km. Por el túnel de conducción fluye el agua que da movimiento a las turbinas y genera energía eléctrica.

Echevarría, C. (2015), en su tesis Titulada Estudio de Caso para la Optimización de las Operaciones Unitarias que Intervienen en la Excavación de los Túneles 2 y 3 del Proyecto Nuevo Nivel Mina con Pendientes de 22%, de Echevarría, C. (2015), indica que: “Un túnel es la perforación que se hace en un terreno de forma horizontal o casi horizontal, a mano o con máquinas, en donde la longitud de éste domina las demás dimensiones. Se le da una inclinación de 3% o 4% para permitir el escurrimiento de las aguas provenientes de los trabajos de perforación y de las filtraciones eventuales del terreno”. Además define como túnel, cuando existe salida a superficie por ambos extremos de la excavación; cuando la labor tiene una sola salida a superficie se le denomina socavón y cuando no tiene salida a superficie se le llama galería.

En el caso de centrales hidroeléctricas, con sus redes de túneles que conducen el agua, las grandes cavernas donde se instalan las turbinas y los túneles de acceso a las instalaciones. Incluso ya no es necesario construir grandes presas, sino que se construyen

centrales subterráneas que se abastecen del agua de lagos de montaña, aguas conducidas por largos túneles, con el consiguiente ahorro de hormigón y de acero, como la de Montpezat (Francia) con más de 20 Km. de galerías subterráneas (Soto, 2004).

2.3.2 Desplazamientos de Convergencia.

Se llaman convergencias a los movimientos relativos producidos entre dos puntos del interior del túnel. Estos movimientos tienen un carácter radial debido a las direcciones de las presiones del suelo ejercidas. **La medida de convergencia de una sección es la medida más simple y a la vez más representativa cuando se desea evaluar el desempeño del revestimiento** (Rey, 2016).

Soto, P. (2004), en su tesis titulada Construcción de Túneles, refiere: La medida a la vez más simple y más representativa es la de la convergencia de una sección. Con ella se obtiene el desplazamiento relativo de dos puntos situados en las paredes del túnel. Para ello se colocan inmediatamente después de la excavación, una serie de clavos en la sección transversal al eje longitudinal del túnel. Según la importancia del túnel los puntos de control de una sección transversal pueden ser tres o más. “Habitualmente son uno en la clave, dos en los vértices y dos en los hastiales, se mide la variación de longitud entre puntos opuestos y se nivela el punto en clave para tener constancia del movimiento (vertical) absoluto de éste” (Soto, 2004, p. 23).

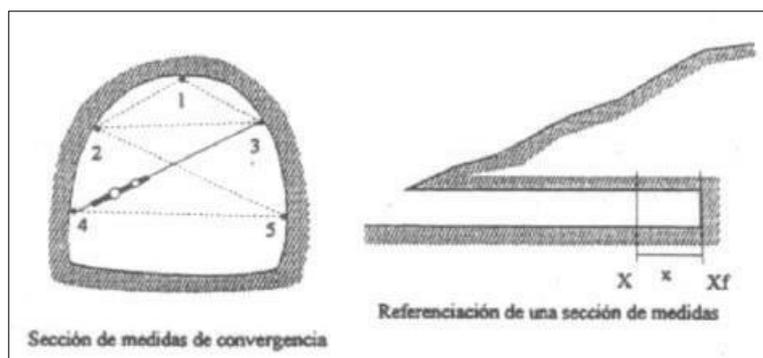


Figura 2.8. Estación de convergencias indicando los puntos que se instalan en la sección del túnel. *Fuente:* Pedro Soto (2004).

Rey, M. (2016), en su tesis titulada “Análisis de la instrumentación y del monitoreo geotécnico en Túneles estación e interestación del metro de Santiago”, define “convergencias a los movimientos relativos producidos entre dos puntos del interior del túnel. Estos movimientos tienen un carácter radial debido a las direcciones de las presiones del suelo ejercidas”. “La medida de convergencia de una sección es la medida más simple y a la vez más representativa cuando se desea evaluar el desempeño del revestimiento. Para las mediciones de convergencia se colocan, inmediatamente después de la excavación una serie de pernos de referencia sobre el revestimiento del túnel, dispuestos de manera sistemática, a los que se les mide tanto desplazamientos absolutos como relativos entre ellos”. “Según la importancia y tamaño de la sección del túnel estos puntos pueden ser tres o más. Luego se miden sus desplazamientos, ya sea a través de mediciones geodésicas, o mediante la utilización de cinta extensométrica retráctil” (Rey, 2016, p. 12).

Rey, M. (2016), cita el siguiente texto y grafica extraída de la investigación titulada “Monitoreo Geotécnico y Tunelería Convencional” de la ASG. Austrian Society for Geomechanics. (2014), en lo siguiente: la figura 14 “representa de manera gráfica el desarrollo típico de los desplazamientos radiales en un túnel”. “En esta se identifican diferentes componentes, cuya comprensión es

muy importante para una adecuada interpretación de los datos de monitoreo”. “La línea representa los desplazamientos totales inducidos por la excavación”. “Estos desplazamientos totales se subdividen en aquellos producidos antes de que el frente llegue a la sección de monitoreo observada” (Z_{p0}), los que ocurren entre la llegada del frente y la lectura “cero” de convergencia dentro del túnel (Z_{p1}) (ya que no es posible instalar de manera inmediata los pernos de referencia a la llegada del frente a dicha sección de monitoreo), y finalmente los que son “medibles” después de esta lectura “cero” (Z_m). “Los desplazamientos medibles forman entonces la línea punteada” (Rey, 2016, p. 13).

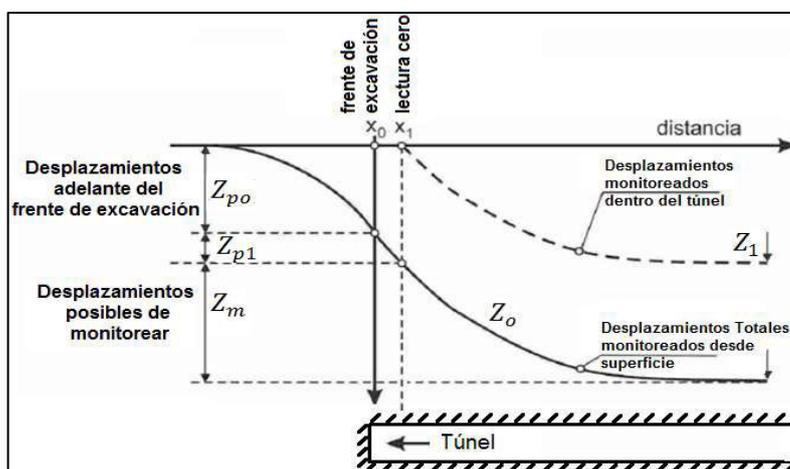


Figura 2.9. Desarrollo típico de los desplazamientos de Convergencia.

Fuente: Mauricio Rey (2016).

2.3.3 Nuevo Método Austriaco.

“El nuevo método austriaco de tuneleo (NATM) debe considerarse, según los expertos austriacos, como un enfoque o filosofía y no referirse a él como un conjunto de excavación específica y métodos o técnicas de soporte”. “En gran parte la aparente confusión y conflicto que existe en saber que es el NATM, se debe a la aplicación de éste al tuneleo en suelo blando, al parecer existe una importante diferencia entre los objetivos del NATM y la práctica de instalar soportes para los túneles en roca y en suelo blando”. “Debe quedar claro que el uso del concreto lanzado en un túnel no implica, necesariamente, la aplicación del NATM”. “Sin embargo es correcto admitir que la aplicación exitosa del NATM implica el uso de concreto lanzado”. (Ruiz, 1993, p. 120).

"El Nuevo Método Austriaco de tuneleo depende del empleo de instrumentos y observaciones locales en los túneles".

Estas observaciones se usan no solamente para comprobar el comportamiento de la seguridad del túnel, sino también para dirigir el suministro de soportes adicionales. Una tercera característica es el alto nivel de entendimiento y captación del método y la cooperación en la toma de decisiones y la reducción de controversias que el NATM requiere de parte de los propietarios, contratistas e ingenieros de proyecto y supervisión.

Finalmente Ruiz, A. (1993), indica la cuarta característica del NATM que requiere de una mención especial es su versatilidad y adaptabilidad. Esta característica está de acuerdo con la clasificación del NATM como un enfoque o filosofía más que como un método o técnica de excavación y soporte El enfoque del NATM ha sido usado ahora con éxito en una gama de condiciones de tuneleo muy amplia. La versatilidad y adaptabilidad así demostradas

son el resultado de la validez básica del concreto lanzado como material de soporte primario, en particular al ser usado junto con una amplia variedad de elementos de soporte adicionales.

2.4 Marco Conceptual o Glosario

Auscultación.

“El ámbito de los trabajos de auscultación e instrumentación desarrollados abarca los siguientes campos, Control y seguimiento topográfico de movimientos en estructuras y terreno mediante hitos, dianas. Control y seguimiento de fisuras y grietas mediante fisurómetros”. “Control y seguimiento de niveles de agua subterránea mediante piezómetros manuales o automáticos. Control y seguimiento de desplazamientos y movimientos de laderas y taludes mediante inclinómetros. Control y seguimiento de asientos y hundimientos mediante extensómetros”, (Juan Alaguero, 2017, p. 120).

Convergencias

“Se llaman convergencias a los movimientos relativos producidos entre dos puntos del interior del túnel. Estos movimientos tienen un carácter radial debido a las direcciones de las presiones del suelo ejercidas”. “La medida de convergencia de una sección es la medida más simple y a la vez más representativa cuando se desea evaluar el desempeño del revestimiento” (Andrés Rey González, 2016, p.120).

“La medida a la vez más simple y más representativa es la de la convergencia de una sección”. “Con ella se obtiene el desplazamiento relativo de dos puntos situados en las paredes del túnel. Para ello se colocan inmediatamente después de la excavación, una serie de clavos en la sección

transversal al eje longitudinal del túnel”. “Según la importancia del túnel los puntos de control de una sección transversal pueden ser tres o más. Habitualmente son uno en la clave, dos en los vértices y dos en los hastiales, se mide la variación de longitud entre puntos opuestos y se nivela el punto en clave para tener constancia del movimiento (vertical) absoluto de éste”. (Soto, 2004, p. 65).

Deformación

“Es el movimiento absoluto o relativo de un punto en un cuerpo, o bien, la variación de una dimensión lineal (extensión o contracción)”. (Luis Zorrilla, 2015, p.32).

Dovelas prefabricadas

“Son dispositivos de concreto reforzado que se ensamblan para conformar el sistema de soporte del tunel. Con fin de optimizar los recursos economicos del proyecto, lo ideal es usar como agregado para los prefabricados, los materiales obtenidos en el proceso de excavación del tunel, y fundir las dovelas en sitios muy cercanos al lugar donde finalmente seran fijadas. Por lo general, las dovelas prefabricadas se utilizan cuando la excavacion se realiza por medio de máquinas tuneladoras o TBM” (Jaime Echeverría Rodríguez, 2013).

Fluencia

“El término fluencia se aplica a las rocas, cuando se refiere a la evolución de su deformación a lo largo del tiempo, manteniendo constante la carga a la que está sometida” (Guillermo Sandoval Ocaña, 2008).

“La fluencia como la deformación irreversible que se produce a lo largo del tiempo, e indica que se produce en todos los tipos de rocas pero, principalmente, en las rocas blandas como, por ejemplo, la sal y el carbón. En las rocas duras la fluencia es significativa solo después del transcurso de mucho tiempo, por lo que en estas rocas, puede ser suficiente estudiar su deformación únicamente a corto plazo” (Cristescu, 1998).

Modelo Geotécnico

“Conjuga tres modelos conceptuales, el modelo geológico, el modelo geomecánico y el modelo numérico. Este modelo es usado para operativizar las investigaciones de inestabilidad. Además propone un modelo conceptual como producto final integrado por el modelo operacional y los conceptos teóricos; el cual comprende la integración de los modelos analizados y el resultado que debe esperarse al final de toda investigación en inestabilidad de laderas y estructuras geológicas, que implica el asentamiento de la superficie terrestre en un área extensa (cubeta de subsidencia) debido a varios factores. Estos pueden ser naturales, o causados por el impacto de actividad humana, como es el caso de la excavación de túneles” (Segundo Rodríguez Cruzado, 2016).

Movimientos en Superficie – Subsidencia

“La subsidencia es un fenómeno que implica el asentamiento de la superficie terrestre en un área extensa (cubeta de subsidencia) debido a varios factores. Estos pueden ser naturales, o causados por el impacto de actividad humana, como es el caso de la excavación de túneles” (Andrés Rey González, 2016).

Obras Subterráneas

“Las obras subterráneas se pueden definir como proyectos de construcción que permiten el emplazamiento de dispositivos de infraestructura hechas con diferentes fines en el interior del terreno. A lo largo de la historia han sido utilizados para la construcción de vías, tanto férreas como vehiculares, desvío de aguas en proyectos de embalses y presas, deposito final para materiales altamente contaminantes o riesgosos para la salud pública, extracción de minerales, sitios de interés religioso, escenarios deportivos, instalaciones militares, etc. Las obras subterráneas pueden ser clasificadas por diferentes tipos de criterios, entre los que se encuentran: la forma de la sección transversal, el uso para el cual se construya, las características dimensionales de la excavación y la inclinación de su eje longitudinal con respecto a la horizontal, entre otros” (Jaime Echeverría Rodríguez, 2013).

Sostenimiento

“Término usado para describir los materiales y procedimientos utilizados para controlar el desequilibrio generado en el macizo rocoso como resultado de una excavación. El objetivo de aplicar sostenimiento a una excavación es controlar su estabilidad y mantener la capacidad portante de la roca”. (Luis Zorrilla Altuna, 2015).

Sostenimiento activo

“Llamado también refuerzo, en donde los elementos de sostenimiento forman parte integrante de la masa rocosa. Ejemplo típico de refuerzo son los pernos de roca o los cables” (Luis Zorrilla Altuna, 2015).

Sostenimiento pasivo

“Llamado también soporte, en donde los elementos de sostenimiento son externos a la roca y actúan después que la roca empieza a deformarse” (Luis Zorrilla Altuna, 2015).

Túnel

“Excavación subterránea en la cual las dimensiones de los lados de la sección transversal (ancho y altura) son similares, y adicionalmente bastante reducidas en comparación con la longitud del proyecto; además la pendiente de su eje longitudinal es aproximadamente horizontal y tiene dos salidas al exterior del terreno, denominados portales de entrada y salida”. (Jaime Echeverría Rodríguez, 2013).

Túneles mineros

“Son obras subterráneas construidas para acceder a zonas donde existen recursos naturales de aprovechamiento económico, y sirven como vía para transportar los materiales extraídos. Este tipo de túneles por lo general tiene carácter temporal, supeditados al tiempo que se necesite para sacar los minerales buscados”. (Jaime Echeverría Rodríguez, 2013).

Túneles hidráulicos

“Estos túneles se construyen para el transporte de agua, principalmente en hidroeléctricas, para sistemas de riego, abastecimiento humano y navegación. Dependiendo del régimen hidráulico como funcionen,

se pueden clasificar en túneles a presión o a flujo libre, lo que conlleva cambios en las premisas de diseño para cada caso, sobre todo en los dispositivos de revestimiento y soporte”. (Jaime Echeverría Rodríguez, 2013).

2.5 Ubicación y Accesibilidad

La zona de investigación se ubica en “La vertiente del Océano Pacífico, en la cuenca del río Huaura, entre las localidades de Sayán y Churín”. “Políticamente las obras y las áreas de concesión del Proyecto, se ubican en la jurisdicción de los distritos de Paccho y Checras en la provincia de Huaura; y Naván, Andajes y Pachangara en la provincia de Oyón, del departamento de Lima”.

Su relieve es accidentado, debido a que el valle principal es bastante estrecho, además de tener pocas zonas planas. Esta zona forma parte de las cuencas de los ríos Huaura y Checras, con elevaciones que varían entre 2,185 y 2,350 metros sobre el nivel del mar, observándose en el Plano 03 (Plano de Ubicación).

El acceso se realiza por la “Panamericana Norte, desde Lima hasta la ciudad de Huacho (140 km). Se sigue por la carretera asfaltada Huacho - Sayán (55 km) y la carretera afirmada que conduce a Oyón – Yanahuanca”.

La carretera a Oyón - Yanahuanca, va paralela al río Huaura, donde en el km 28 cruza la quebrada Picunche (lugar donde se ubica el embalse de compensación); prosiguiendo la carretera en el km 53 se encuentra con la confluencia de los ríos Checras y Huaura, y en el km 57 con la zona donde se construyó la toma del Proyecto Central Hidroeléctrica Cheves, sobre el río Huaura.

El túnel de conducción incluido en el “proyecto de la central hidroeléctrica Cheves”, tiene una longitud de 9690 metros. La concesión de la

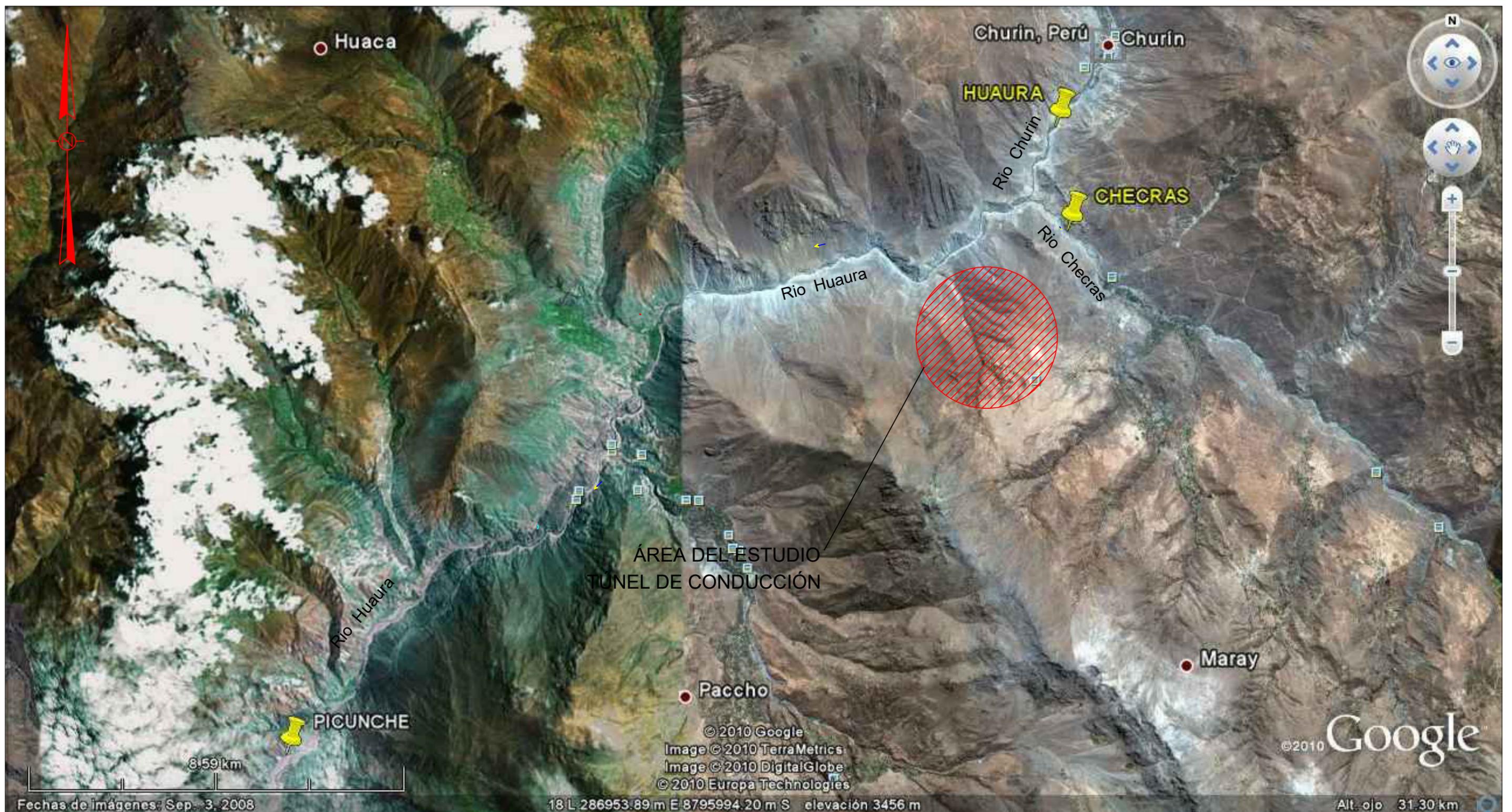
central hidroeléctrica Cheves, tiene una superficie de 4390 hectareas y corresponde al área de la poligonal enmarcada en las coordenadas geográficas que se detallan en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3. Coordenadas del Área de Investigación

Referencia Vértice	Coordenadas UTM WGS84, Zona 18	
	Este	Norte
1	293,769	8,802,632
2	294,719	8,801,632
3	294,769	8,798,632
4	292,769	8,798,632
5	284,769	8,793,632
6	281,769	8,792,632
7	282,769	8,795,632
8	284,769	8,798,632
9	292,769	8,800,632
10	292,769	8,801,632

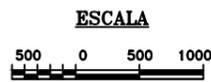
2.6 Clima y vegetación

El área de estudio pertenece a una de las regiones climáticas que han sido consideradas en la clasificación de la OEA, denominada “Zona de Vertientes y Valles Andinos Bajos”, sub húmedos a semiáridos ubicada entre los 1,200 y 2,300 metros sobre el nivel del mar, teniendo temperaturas medias anuales entre 18° y más de 24° C, con precipitaciones medias anuales que oscilan entre 250 mm y un máximo de 1,000 mm.



NOTA:

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS, EXCEPTO OTRA INDICACIÓN.
2. IMAGEN BASE GOOGLE EARTH.
3. PLANO EN SISTEMA DE COORDINADAS UTM PSAD56



		UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERIA, METALURGIA Y GEOGRAFICA-UNIDAD DE POSGRADO		
		TEMA DE TESIS: "MODELO DE MONITOREO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO MEDIANTE CONVERGENCIAS PARA DEFINIR EL SOSTENIMIENTO FINAL DE UN TÚNEL CON FINES CIVILES Y MINEROS- TÚNEL DE CONDUCCIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CHEVES"		
PLANO:		PLANO DE UBICACIÓN		PLANO:
ASESOR: Mcs.Ing. VICTOR TOLENTINO IPARRAGUIRE				03
PRESENTADO POR: BACH. RICHARD EDUARDO ANGELES BAZAN		FECHA: OCTUBRE DEL 2020	ESC.: 1/50	

CAPÍTULO 3

HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 General

Se puede analizar el modelo de monitoreo geotécnico mediante convergencias que se empleó para monitorear el sostenimiento inicial de la excavación subterránea de la central hidroeléctrica Cheves- Churín.

3.2 Específicas.

1. Se podría analizar el túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín.
2. Con el análisis del túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves - Churín se podría verificar el modelo geotécnico mediante convergencias.

3.3 Identificación de Variables

Las variables que intervienen en el estudio son:

- **Análisis del monitoreo geotécnico mediante convergencias efectuados en el túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín.** (Variable Independiente): se analizó como fue aplicado el modelo que se basa en identificar, monitorear y controlar la inestabilidad en el túnel. Se identifica los indicios de la inestabilidad, se realiza el seguimiento mediante

estaciones de monitoreo geológico-geotécnico, para controlar con sostenimiento final la inestabilidad del túnel.

- **El túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves-Churín que tiene 9693 metros** (Variable Dependiente): excavación subterránea de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín.

3.4 Operacionalización de Variables

Definido las variables, se procede a conocer los parámetros o indicadores que van a determinar la cuantificación de cada variable, con ello cada variable se transforma del nivel abstracto a un nivel observable y medible, esto se plasma en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Operacionalización de Variables.

VARIABLES	UNIDAD DE ANALISIS	VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL O INDICADORES	RESULTADOS
DEPENDIENTE	UA-01	9693 METROS DEL TÚNEL DE CONDUCCIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CHEVES- CHURÍN.	1. Sostenimiento activo.	Análisis del plano de sostenimiento final
			2. Sostenimiento pasivo.	
INDEPENDIENTE	UA-02	ESTUDIAR LOS ANÁLISIS DEL MONITOREO GEOTÉCNICO MEDIANTE CONVERGENCIAS EFECTUADOS EN EL TÚNEL DE CONDUCCIÓN DE LA CENTRAL CHEVES-CHURÍN	1. Cantidad de estaciones.	Análisis de las gráficas de convergencias.
			2. Cantidad de deformación.	
			3. Tiempo de deformación.	

3.5 Matriz de Consistencia

La matriz de consistencia de este proyecto de tesis se presenta en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2.
Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES				
			DEPENDIENTE		INDEPENDIENTE		
¿Es posible analizar el modelo de monitoreo geotécnico mediante convergencias aplicado al túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves- Churín?	Analizar el modelo de monitoreo geotécnico mediante convergencias aplicado al túnel ya realizado, túnel de conducción, excavación subterránea, de la central Cheves – Churín.	Se puede analizar el modelo de monitoreo geotécnico mediante convergencias que se empleó para monitorear el sostenimiento inicial del túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves- Churín.	El túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín que tiene 9693 metros		Análisis del monitoreo geotécnico mediante convergencias efectuados en el túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín.		
			METODOS Y TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
			Mediante mapeo y registro del soporte inicial y final (as-built) de túnel.	Mediante mapeo y registro del soporte inicial y final (as-built) de túnel.	Observación directa y cuantificación del número de estaciones de monitoreo geológico- geotécnico instaladas en las zonas inestables.	Mediante medidas en situ de las deformaciones del sostenimiento inicial y post registro de formulario para las convergencias.	Mediante medidas en situ de la cuantificación del tiempo de deformación del sostenimiento y post registro de formulario para las convergencias.
PROBLEMA ESPECIFICO			DEFINICIÓN OPERACIONAL O INDICADORES				
1. ¿Se puede analizar la excavación, tipo de sostenimiento y condiciones geológicas del túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves? 2. ¿Podría analizarse las convergencias evidenciadas en el túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín?	1. Estudiar la excavación, tipo de sostenimiento y condiciones geológicas del túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín. 2. Verificar las medidas de convergencias del túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves - Churín.	1. Se podría analizar el túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín. 2. Con el análisis del túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves - Churín se podría verificar el modelo geotécnico mediante convergencias.	1. Sostenimiento Activo.	2. Sostenimiento Activo.	1. Cantidad de estaciones.	2. Cantidad de deformación.	3. Tiempo de deformación.
			RESULTADOS				
			Análisis de los planos de sostenimiento final.		Análisis de las Gráficas de convergencias.		

CAPITULO 4

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y Diseño de Investigación

“El túnel subterráneo conducción comunica en régimen forzado la presa de Checras con la Casa de Máquinas a lo largo de 9.693 m. Consta de dos tramos, uno al 0,9 % con una sección transversal de 22 m² (4,5 m de ancho y 5,5 m alto), y otro al 14 % con una sección de 30 m² (6,0 m de ancho y 5,5 m de alto)”. “La construcción se inicia en mayo de 2012 y finaliza tras 22 meses en febrero de 2014, ejecutándose hasta con cuatro frentes simultáneos de excavación”. “El promedio de avance obtenido es de 110 m/mes y frente”. “Este túnel atraviesa todas las formaciones geológicas descritas apartado 5.1. Geología local, con coberturas máximas de hasta 1.500 metros en el intrusivo, justo en el tramo final del 14 % y próximo a la Casa de Máquinas”, (Sancho, 2015). A lo largo de la excavación han aparecido una serie de problemas especiales asociados a las diferentes formaciones geológicas:

- “Hundimientos y altas convergencias en las secciones de carbón y en zonas de falla”.
- “Fallas y zonas tectonizadas en una longitud de 150 m”.
- “Flujos de agua de hasta 300 l/s”.
- “Estallidos de roca en las zonas de máxima de cobertura”.

“En las zonas de falla y de baja calidad geomecánica se avanzó al amparo de paraguas de micropilotes y empquetados, según el caso”, (Sancho, 2015). “Los avances se limitaron como máximo a 1 m y se

diseñó un sostenimiento pesado consistente en cerchas reticuladas y hormigón proyectado con fibras. En ciertas zonas hubo que ejecutar contrabóveda para estabilizar las convergencias de los hastiales. Este sostenimiento inicial mencionado se reforzó tras finalizar la construcción con un sostenimiento adicional, que en las zonas de menor calidad geotécnica consistió en un revestimiento o lining de hormigón armado. Otro problema completamente diferente fueron los estallidos de roca o rockburst ocurridos en los tramos con coberteras de roca a partir de los 900 m. Bajo estas circunstancias se diseñó un sostenimiento especial con capacidad de retención y de evitar las proyecciones de roca. Por otra parte, el túnel conducción queda conectado con la Casa de Máquinas a través de un pantalón o bifurcación. Cada ramal tiene una sección transversal de 15 m² y una longitud de 23 m. En estos puntos la cobertera es de unos 900 metros y la presión hidráulica de 600 metros de columna de agua”. (Sancho, 2015).

Obras subterráneas, que con unos 20 km de túneles son los principales trabajos del proyecto:

- Túnel Transferencia, entre la bocatoma Huaura y el embalse Checra, con una longitud de 2580 m.
- Túnel Conducción, “tiene una longitud de 9.693 m (22,6 m² y 30,1 m²), con una sección superior con una pendiente del 2% y una sección inferior con una pendiente del 14%. En la unión de los túneles inferior y superior, se construyó un adit de unos 700 m de longitud también con una inclinación del 14%. El final del túnel Conducción se divide en dos penstocks, los cuales llevan el flujo de agua a las unidades generadoras de la casa de máquinas (60 metros de largo por 32 metros de alto y 15,5 metros de ancho)”, (Sancho, 2015). La caverna de transformadores (27,5 metros de largo por 14 metros de alto y 11,2 metros de ancho) está justo al lado de la casa de máquinas. Un túnel y de acceso y varios túneles de desvío conforman el complejo alrededor de la casa de máquinas”.

- Túnel Descarga, tiene 3.312 m de longitud (24,9 m² de sección transversal).

La estabilidad de túneles, viene siendo la gran incertidumbre en la etapa de construcción y fase de funcionamiento, ya que en todo proyecto juega un papel importante el tema económico y el tema de la seguridad.

“En consecuencia se tuvo como objetivo analizar el modelo de monitoreo geotécnico mediante convergencias, para definir el sostenimiento final de un túnel con fines civiles y mineros, aplicado al túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín de 9693 metros de longitud”, (Sancho, 2015).

4.2 Unidad de Análisis

Para esta investigación los objetos del que se debe obtener la información, corresponden a las rocas de la zona in situ del túnel de conducción 9693 m y el sostenimiento instalado en el túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves, los cuales se toma como base y se analizan en este estudio.

4.3 Población de Estudio

Constituido por **108 estaciones** de monitoreo geológico- geotécnico instaladas en el sostenimiento inicial del túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves, dicho túnel tiene una longitud de 9690 metros el cual está asociado al problema, las variables y los objetivos.

Las variables que se encuentran en el túnel de conducción y comprenden el macizo rocoso, constituido por el sostenimiento instalado y el monitoreo geotécnico, con incidencia de la variable desencadenante definida por las medidas de convergencia, en la cual se realizó su análisis e interpretación para el diseño del sostenimiento final y posterior estabilización de la excavación subterránea.

4.4 Tamaño de la Muestra

Teniendo en cuenta que la población en estudio es demasiada extensa, considerando los 9693 metros de excavación subterránea del túnel de conducción, se consideró el tamaño de la muestra **49 estaciones** de monitoreo geológico- geotécnico, que abarca tramos del túnel de conducción donde se evidenció deformación continua en el sostenimiento inicial. Para obtener el tamaño de la muestra primero se instalaron las 108 estaciones de monitoreo geológico- geotécnico, las cuales se identificaron mediante indicios de deformación en el sostenimiento, para luego escoger las 49 estaciones de monitoreo geológico- geotécnico con diferencia acumulada mayor a 10 milímetros, las cuales evidenciaron deformaciones continuas en el tiempo; por lo que dichas zonas asociadas a la condición geológica indujeron a la inestabilidad y posterior reforzamiento del sostenimiento llamado sostenimiento final. Se evidencia las condiciones geológicas en el mapa geomecánico plano 05 (Plano geomecánico tramo 0+900 - 1+050), plano 06 (Plano geomecánico tramo 1+050 - 1+200) y plano N° 07 (Plano geomecánico tramo 1+200 al Km 1+350), incluyendo en estos planos los planos de cómo fue construido- plano "As Built" en la que se indica el sostenimiento inicial y sostenimiento final instalado, de las zonas analizadas.

4.5 Selección de Muestra

Muestreo intencional por criterio, escogiéndose 49 estaciones de las 108 estaciones de monitoreo geológico- geotécnico instaladas en el túnel de conducción, esto debido a que de las 108 estaciones donde se evidenciaron indicios de deformación en el sostenimiento inicial, en 49 estaciones se evidenciaron convergencias con diferencia acumulada mayores a 10 milímetros y deformaciones continuas en el tiempo produciendo aumento en las medidas de convergencias; en el cuadro 4.1 (registro de valores de las convergencias) las estaciones de monitoreo geológico – geotécnico con diferencia acumulada mayores a 10 milímetros han sido resaltados de color verde; en contraste al resto de estaciones (59 estaciones) donde se evidencio convergencias con diferencia acumulada menores a 10 milímetros y en algunas estaciones no se evidenció indicios de deformación del sostenimiento inicial. Las zonas inestables evidentemente se encuentran en zonas donde se ha observado eventos geológicamente complejos (fallas geológicas, diaclasas y zonas de cizalla) y en las que el sostenimiento se ha deformado, generando grietas en el concreto lanzado (indicios de deformación), en otras palabras, solamente se ha tomado en cuenta el sostenimiento en el que se ha observado deformaciones o inestabilidad continua en el tiempo con diferencias acumuladas mayores a 10 milímetros; mientras que las zonas donde el sostenimiento ha sufrido convergencias con diferencias acumuladas menores a 10 milímetros (zonas estables) no se ha tomado en cuenta.



Figura 4.1. Diseño de Correlación entre Población, Unidad de Análisis y Muestras.

Cuadro 4.1. Registro de valores de las convergencias del sostenimiento inicial.

Progresiva Estación	Fecha de instalación			Primera Medición		Última Medición		Distancia Frente m	Diferencia mm			V (mm/día)	Estatus	Observaciones Note: e: Estable; i: Inestable; t: tendencia estabilizar.
	Sostenimiento Inicial	Sostenimiento Final	Estaciones de Monitoreo	Fecha	Lectura	Fecha	Lectura		ab	ab	ab			
									Acum Inicial	Acum Final	Dif Acum			
1+000.00	4/02/2012	-	7/03/2012	8/03/2012	4839,31	25/10/2012	4822,56	438.50	0.00	16.75	16.75	0.03	i	Inestable
1+005.00	5/02/2012	-	7/03/2012	8/03/2012	5020,73	25/10/2012	5003,52	426.00	0.00	17.21	17.21	0.00	i	Inestable
1+010.00	6/02/2012	-	7/03/2012	8/03/2012	4912,48	25/10/2012	4896,62	421.00	0.00	16.33	16.33	-0.01	i	Inestable
1+015.00	13/02/2012	29/09/2014	7/03/2012	8/03/2012	4290,64	7/11/2012	4275,46	117.80	0.00	15.18	15.18	0.00	i	Inestable
1+020.00	14/02/2012	29/09/2014	7/03/2012	8/03/2012	4350,42	25/10/2012	4335,69	231.00	0.00	14.73	14.73	0.00	i	Inestable
1+025.00	16/02/2012	29/09/2014	7/03/2012	8/03/2012	4323,63	7/11/2012	4305,71	457.40	0.00	17.93	17.93	0.00	i	Inestable
1+030.00	16/02/2012	29/09/2014	7/03/2012	8/03/2012	4169,41	25/10/2012	4149,62	401.00	0.00	19.79	19.79	0.00	i	Inestable
1+035.00	20/02/2012	29/09/2014	19/03/2012	27/03/2012	4337,98	7/11/2012	4320,44	447.40	0.00	17.54	17.54	0.00	i	Inestable
1+040.00	7/03/2012	29/09/2014	19/03/2012	27/03/2012	4280,26	25/10/2012	4259,36	391.00	0.00	20.90	20.90	0.00	i	Inestable
1+045.00	13/03/2012	29/09/2014	24/03/2012	27/03/2012	4854,46	7/11/2012	4834,31	437.40	0.00	19.73	19.73	0.00	i	Inestable
1+050.00	19/03/2012	29/09/2014	14/05/2012	16/05/2012	3992,81	7/11/2012	3981,96	432.40	0.00	10.85	10.85	0.00	i	Inestable
1+055.00	23/03/2012	29/09/2014	15/05/2012	16/05/2012	4124,46	9/05/2013	4110,40	676.40	0.00	13.25	13.25	0.00	i	Inestable
1+060.00	5/05/2012	29/09/2014	15/05/2012	16/05/2012	4775,10	9/05/2013	4763,35	358.00	0.00	17.89	17.89	0.00	i	Inestable
1+067.00	13/05/2012	29/09/2014	29/05/2012	30/05/2012	4545,63	7/07/2013	4523,75	743.70	0.00	20.32	20.32	0.09	i	Inestable
1+073.00	20/05/2012	29/09/2014	29/05/2012	30/05/2012	4590,00	21/06/2013	4566,33	711.80	0.00	20.63	20.63	-0.12	i	Inestable
1+080.00	25/05/2012	29/09/2014	3/06/2012	4/06/2012	4530,20	1/09/2013	4498,10	840.90	0.00	33.98	33.98	0.00	i	Inestable
1+087.00	30/05/2012	29/09/2014	7/06/2012	8/06/2012	4491,75	9/05/2013	4466,57	644.40	0.00	22.57	22.57	-0.01	i	Inestable
1+091.00	2/06/2012	29/09/2014	7/06/2012	13/06/2012	4729,91	9/02/2013	4696,01	533.50	0.00	31.20	31.20	0.00	i	Inestable
1+102.50	27/06/2012	29/09/2014	7/07/2012	6/07/2012	5431,43	25/08/2013	5376,84	802.30	0.00	45.61	45.61	0.00	i	Inestable
1+106.00	30/06/2012	29/09/2014	7/07/2012	15/07/2012	4454,56	23/07/2014	4409,59	727.00	0.00	33.00	33.00	0.00	i	Inestable
1+108.50	2/07/2012	29/09/2014	12/07/2012	28/10/2012	4369,56	28/10/2013	4331,08	961.60	0.00	53.06	53.06	0.00	i	Inestable
1+114.00	5/07/2012	29/09/2014	14/07/2012	15/07/2012	4512,03	24/10/2013	4281,89	942.20	0.00	56.99	56.99	0.00	i	Inestable
1+121.00	11/07/2012	29/09/2014	14/07/2012	18/07/2012	4424,04	21/06/2013	4316,30	663.80	0.00	86.38	86.38	-0.12	i	Inestable
1+125.00	11/07/2012	29/09/2014	25/07/2012	26/07/2012	4616,65	21/06/2013	4528,35	659.80	0.00	21.74	21.74	-1.00	i	Inestable
1+130.00	11/07/2012	29/09/2014	25/07/2012	26/07/2012	4770,60	21/06/2013	4748,72	654.80	0.00	13.24	13.24	-0.05	i	Inestable
1+135.00	11/07/2012	29/09/2014	13/08/2012	13/08/2012	4676,23	7/11/2012	4673,11	86.00	0.00	3.12	3.12	0.00	e	Estable
1+140.00	11/07/2012	29/09/2014	8/08/2012	9/08/2012	4592,55	21/06/2013	4592,46	644.80	0.00	3.92	3.92	-0.03	e	Estable
1+145.00	11/07/2012	29/09/2014	13/08/2012	13/08/2012	4914,70	21/06/2013	4912,33	639.80	0.00	0.25	0.25	-0.54	e	Estable
1+175.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5486,36	26/10/2012	5485,91	263.00	0.00	1.29	1.29	0.00	e	Estable
1+185.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5668,55	9/05/2013	5667,55	546.40	0.00	3.31	3.31	0.00	e	Estable
1+195.00	16/08/2012	29/09/2014	23/09/2012	23/09/2012	5162,68	7/10/2012	5161,46	182.20	0.00	1.22	1.22	0.00	e	Estable
1+205.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5160,34	7/10/2012	5158,82	172.20	0.00	1.52	1.52	0.00	e	Estable
1+215.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5072,22	24/10/2012	4927,79	216.20	0.00	3.94	3.94	0.00	e	Estable
1+225.00	25/08/2012	29/09/2014	8/12/2012	9/12/2012	5379,81	9/05/2013	5387,07	506.40	0.00	-0.57	-0.57	0.00	e	Estable
1+232.00	28/08/2012	29/09/2014	20/09/2012	13/01/2013	4785,65	29/09/2013	4776,95	824.20	0.00	29.71	29.71	0.00	i	Inestable
1+242.00	31/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	5/01/2013	4914,14	20/08/2013	4908,73	646.00	0.00	20.39	20.39	0.00	i	Inestable
1+252.00	31/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5288,61	26/10/2012	5224,26	186.00	0.00	1.07	1.07	0.03	e	Estable
1+262.00	31/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	4914,33	26/10/2012	4753,39	176.00	0.00	0.86	0.86	0.00	e	Estable
1+272.00	31/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	4789,77	26/10/2012	4774,96	166.50	0.00	2.42	2.42	0.00	e	Estable
1+282.00	7/09/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	4994,33	21/06/2013	4974,42	502.80	0.00	7.13	7.13	0.36	e	Estable
1+292.00	8/09/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	4971,23	21/06/2013	4904,01	492.80	0.00	2.68	2.68	0.01	e	Estable
1+296.00	10/09/2012	29/09/2014	20/09/2013	9/07/2013	4429,11	3/12/2013	4420,86	886.20	0.00	8.25	8.25	0.00	e	Estable
1+302.00	11/09/2012	29/09/2014	23/09/2012	24/09/2012	4487,06	28/07/2013	4457,03	534.90	0.00	8.63	8.63	0.00	e	Estable
1+305.00	14/09/2012	29/09/2014	20/06/2013	9/07/2013	4539,09	31/10/2013	4535,50	796.20	0.00	3.59	3.59	0.00	e	Estable
1+310.00	14/09/2012	29/09/2014	29/09/2012	30/09/2012	4475,60	9/12/2012	4452,44	239.60	0.00	12.89	12.89	0.00	i	Inestable
1+312.00	14/09/2012	29/09/2014	29/09/2012	30/09/2012	4971,69	26/10/2012	4950,90	126.50	0.00	20.49	20.49	0.22	i	Inestable
1+315.00	24/09/2012	29/09/2014	10/01/2013	10/01/2013	4747,28	21/06/2013	4684,39	469.80	0.00	13.68	13.68	-0.07	i	Inestable
1+325.00	26/09/2012	29/09/2014	16/11/2012	16/11/2012	4452,98	9/05/2013	4446,91	406.40	0.00	14.86	14.86	0.00	i	Inestable
1+333.50	26/09/2012	29/09/2014	5/10/2012	7/10/2012	5009,19	28/10/2012	5009,11	115.80	0.00	0.08	0.08	0.00	e	Estable
1+343.00	30/09/2012	-	5/10/2012	7/10/2012	4966,86	31/01/2013	4965,41	275.50	0.00	2.47	2.47	0.00	e	Estable
1+355.00	3/10/2012	-	6/10/2012	7/10/2012	5182,07	21/01/2013	5206,97	244.50	0.00	-1.18	-1.18	-0.71	e	Estable
1+361.00	4/10/2012	-	6/10/2012	7/10/2012	5012,51	31/01/2013	5007,26	257.50	0.00	2.82	2.82	-0.07	e	Estable
1+372.00	4/10/2012	-	17/10/2012	18/10/2012	4697,28	12/11/2012	4695,33	117.50	0.00	1.95	1.95	0.00	e	Estable
1+385.00	9/10/2012	-	29/10/2012	30/10/2012	5285,05	28/07/2013	5262,60	451.90	0.00	-0.21	-0.21	0.00	e	Estable
1+404.00	19/10/2012	-	29/10/2012	30/10/2012	5015,21	9/05/2013	5015,66	327.40	0.00	-0.45	-0.45	0.00	e	Estable
1+413.00	20/10/2012	-	29/10/2012	30/10/2012	5187,70	9/05/2013	5188,08	190.70	0.00	0.15	0.15	0.00	e	Estable
1+423.00	23/10/2012	-	16/11/2012	23/11/2012	5143,14	31/01/2013	5138,78	168.30	0.00	7.32	7.32	0.30	e	Estable
1+515.00	15/11/2012	-	15/12/2012	15/12/2012	4987,49	31/01/2013	4982,73	103.50	0.00	4.76	4.76	0.00	e	Estable
1+535.00	3/12/2012	-	15/02/2012	15/12/2012	4891,56	21/06/2013	4925,43	249.80	0.00	4.34	4.34	-0.12	e	Estable
1+540.00	3/12/2012	-	20/06/2013	9/07/2013	4891,57	1/08/2013	4890,53	302.90	0.00	1.04	1.04	-0.01	e	Estable
1+545.00	5/12/2012	-	15/12/2012	15/12/2012	5163,75	7/07/2013	5158,78	291.90	0.00	4.97	4.97	0.00	e	Estable
1+555.00	11/12/2012	-	17/12/2012	17/12/2012	4854,40	25/08/2013	4837,95	349.80	0.00	16.45	16.45	0.00	i	Inestable
1+560.00	11/12/2012	-	20/06/2013	9/07/2013	5685,82	25/07/2013	5685,62	276.90	0.00	0.20	0.20	-1.00	t	Tendencia estabilizar
1+565.00	13/12/2012	-	18/12/2012	18/12/2012	5351,65	5/10/2013	5323,18	419.50	0.00	14.49	14.49	0.00	i	Inestable
1+570.00	13/12/2012	-	18/12/2012	18/12/2012	5308,19	9/05/2013	5291,27	161.40	0.00	16.86	16.86	0.00	i	Inestable
1+575.00	14/12/2012	-	26/01/2013	26/01/2013	4624,18	9/05/2013	4624,89	156.40	0.00	0.88	0.88	0.00	e	Estable
1+580.00	14/12/2012	-	26/01/2013	26/01/2013	4413,04	22/06/2013	4409,02	204.80	0.00	4.02	4.02	0.07	e	Estable
1+585.00	14/12/2012	-	26/01/2013	26/01/2013	4657,00	17/03/2013	4651,88	62.00	0.00	5.12	5.12	0.00	e	Estable
1+590.00	11/01/2013	-	26/01/2013	12/03/2013	4618,17	21/08/2013	4610,95	300.70	0.00	16.49	16.49	0.00	i	Inestable
1+595.00	11/01/2013	-	28/01/2013	17/03/2013										

4.6 Técnicas de Recolección de Datos

La recolección de datos se realizó después de haber instalado el sostenimiento inicial, en la fase de ejecución del túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves, comenzando por indicios de inestabilidad en el sostenimiento inicial mediante la observación de fisuras en el concreto lanzado en zonas de falla geológica, a ello si se encontraba fisuras en el concreto lanzado se procedía a instalar estaciones de convergencias para realizar el monitoreo geológico- geotécnico, y posterior lectura de convergencias.

Todo ello se realizó a través de la observación directa, la que se da a través de la percepción visual directa. Este método se usará para tomar datos de forma real de las estaciones de monitoreo geotécnico de la central hidroeléctrica Cheves; cuyo objetivo es detectar la inestabilidad posterior a la instalación del sostenimiento inicial.

Para ello se utilizará:

- ✓ Registros de fisuras para la observación y medida de las fisuras en el concreto lanzado del sostenimiento inicial.
- ✓ Instalación de 3 hitos por cada estación de monitoreo geológico-geotécnico, ubicados uno en la bóveda y uno en cada hastial.
- ✓ Medida de los hitos mediante huincha extensométrica o estación total.
- ✓ Monitoreo y seguimiento en campo, luego de cada medida.
- ✓ Registro cronológico de las medidas de convergencias.
- ✓ Formulario de mapeo del soporte del túnel

La técnica de recolección de datos se basa primero en la identificación de variables e indicadores, posterior a ello se realizó la recolección de datos, como se presenta a continuación:

Variable independiente, Análisis del monitoreo geotécnico mediante convergencias efectuados en el túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín, se realizó mediante análisis de registros de las medidas de convergencias de las estaciones de monitoreo geotécnico, mapeos de las fisuras para las grietas observadas en el concreto lanzado del sostenimiento inicial, que posteriormente son relacionadas con la geología del túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves- Churín.

Variable dependiente, El túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves- Churín que tiene 9693 metros, que contiene el sostenimiento activo y pasivo.

La variable análisis del monitoreo geotécnico mediante convergencias efectuados en el túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín, y su correlación con la variable túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves- Churín que tiene 9693 metros, se realizó mediante la lectura y análisis de las medidas de convergencias de las estaciones de monitoreo geotécnico y el análisis del perfil geológico del túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín.

Para la obtención de los parámetros de las variables tiempo y espacio de la deformación del sostenimiento inicial del túnel de conducción, se utilizó el formato denominado registro de valores de las convergencias (Ver cuadro 4.1), cuyos datos fueron extraídos de las estaciones de monitoreo geológico- geotécnico, considerándose un buen instrumento de recolección de datos, donde se registraron,

codificaron, fecharon y operativizaron hasta el ingreso de la información a las tablas y cuadros de convergencias.

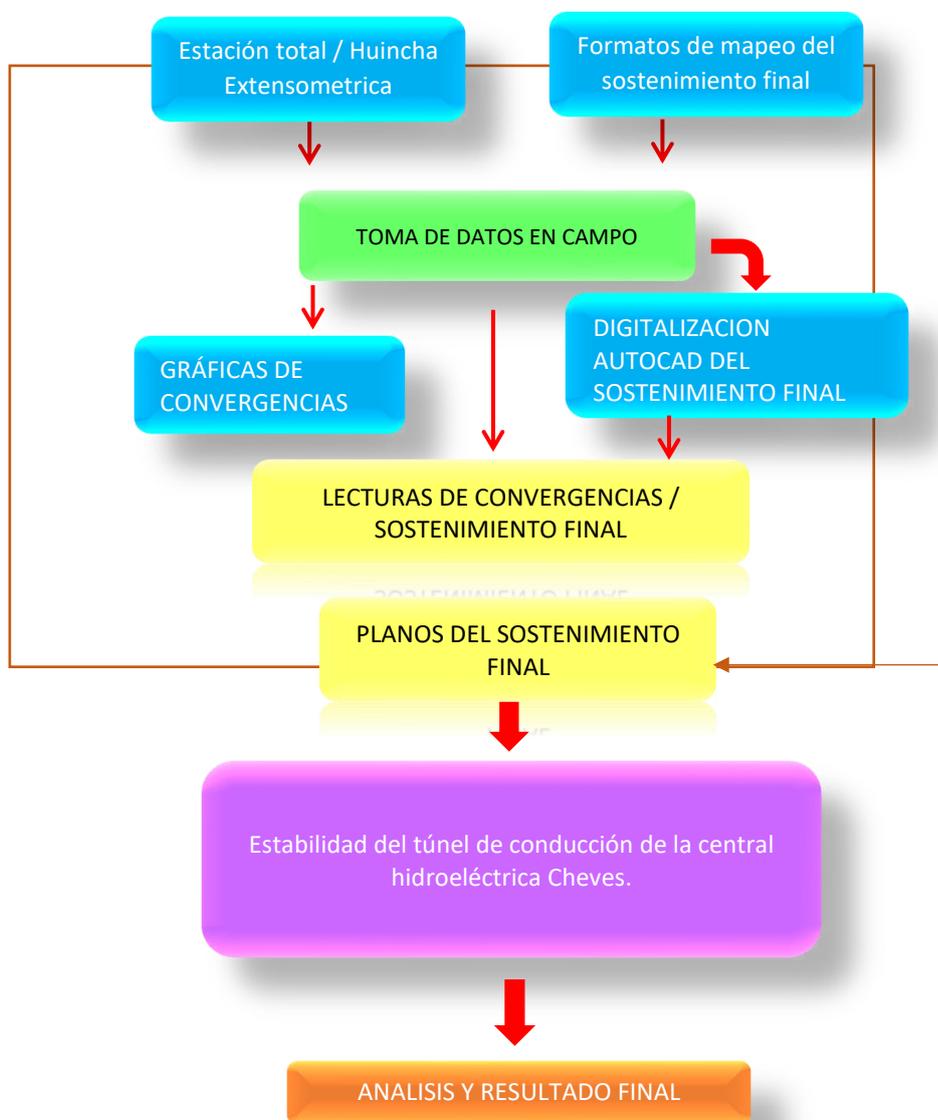


Figura 4.2. Operativización de los instrumentos de recolección de información y datos. Diagrama de procesos.

4.7 Análisis e Interpretación de la Información

Se analiza el perfil geológico, extraído del túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín, y se interpreta la clasificación y codificación de los datos de acuerdo a la importancia de estos para la toma de muestras, el planteamiento y resolución del problema. Se clasifica en dos grupos:

- ✓ El grupo de datos número 1, indicando los valores de las convergencias tomadas de las estaciones de monitoreo geológico- geotécnico instalados en el túnel de conducción.
- ✓ El grupo número 2 indicando los valores de la clasificación RMR y Q de Barton de cada tramo evaluado, tomadas de los mapeos geomecánicos realizados “In-situ”.

Para la codificación de los datos se tomaron en cuenta tanto las progresivas como las fechas de instalación o excavación de dichos tramos del túnel de conducción, de la siguiente manera:

- ✓ Registro de valores de las convergencias tomadas de los puntos de monitoreo Geotécnico. Codificadas agregando la progresiva donde fue instalada la estación de monitoreo geológico geotécnico. (Ver cuadro 4.1).
- ✓ Registro de los valores según clasificación RMR y Q de Barton. Codificadas según las fechas de excavación de dicho tramo del túnel de conducción, donde se muestra la puntuación RMR y el tipo de roca del tramo 1+0115 – 1+320 y tramo 2+144 – 2+185. (Ver cuadro 4.2).

La investigación será de tipo no experimental, transeccional o transversal, asociado al diseño de investigación descriptivo,

correlacional y explicativo, siguiendo la Metodología de Investigación de Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L. (2010) y Sabino, C. (1992).

Utilizando el nivel descriptivo – explicativo y la caracterización del macizo rocoso mediante la evaluación geomecánica Q de Barton y RMR Bieniawski, con ello se determinó el tipo de sostenimiento inicial a utilizar, sin embargo se explica la inestabilidad en algunos tramos del túnel de conducción, las deformaciones en el sostenimiento inicial de estos tramos se reflejaron en la lectura de los valores altos de convergencias con diferencias acumuladas mayores a 10 milímetros de las 49 estaciones de monitoreo geotécnico instaladas. Con ello el análisis de la investigación muestra coherencia con lo propuesto desde el planteamiento del problema, los objetivos y la hipótesis.

La presencia de fallas geológicas rellenas de arcillas expansiva, también fueron condicionantes en el aumento de las deformaciones, la ubicación de las fallas geológicas en el túnel de conducción se muestra en el Plano 01 (Geología Local) y Plano 02 (Perfil longitudinal del proyecto hidroeléctrico Cheves), estas fallas geológicas se formaron producto del contacto entre las cuarcitas pertenecientes a la Formación Chimu y las andesitas porfíricas del Grupo Casma.

Lo mencionado anteriormente ha causado deformaciones, activando las fallas geológicas al momento de la excavación subterránea, y luego de haber colocado el sostenimiento inicial, se siguió evidenciando deformaciones, plasmándose en los altos valores de las convergencias.

Con los datos de las convergencias obtenidos en campo se generó los gráficos, teniendo en cuenta las variables tiempo y desplazamiento

(Ver Anexo 01.Registro y cálculo de convergencias antes del sostenimiento final).

En total se instalaron 108 estaciones de Monitoreo geológico-geotécnico, de los cuales se registraron valores altos de convergencias con diferencia acumulada mayor a 10 milímetros en 49 estaciones de monitoreo geotécnico por lo que fue necesario reforzar el sostenimiento inicial o instalar un sostenimiento final para estabilizar el túnel en dichos tramos; deduciendo que el diseño e instalación del sostenimiento final tiene relación causal directa con la estabilidad de las medidas de convergencias analizadas en dichos tramos.

Cuadro 4.2. Registro de los valores RMR Tramo 0+998 - 1+564 y
2+140 - 2+425.

Cuadro 4.2.
REGISTRO DE VALORES RMR TRAMO 0+998 - 1+564 Y 2+140 - 2+425

TUNEL DE CONDUCCION														
MES	FECHA	TRAMO - PROGRESIVA		LONGITUD	RMR	Q	TIPO DE ROCA	SOPORTE INICIAL				OTROS		
		INICIO	FINAL					Shotcrete (cm)	L (m)	mm	Espaciado (eTxL) (m)		Nº pernos por fila	ARCO RETICULADO
FEBRERO	03/02/2012	0+998,80	1+002,60	3,80	56	3,79	III	10	3	19	1,5 x 1,5	7-8		
FEBRERO	03/02/2012	1+002,60	1+006,40	3,80	51	2,18	III	15	3	19	1,5 x 1,5	8-9	Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
FEBRERO	05/02/2012	1+006,40	1+010,20	3,80	37	0,17	IV	15	3	19	1,5 x 1,5	8-9	Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
FEBRERO	05/02/2012	1+010,20	1+013,50	3,30	44	0,31	III	15	3	19	1,5 x 1,5	7-8	Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
FEBRERO	13/02/2012	1+013,50	1+017,40	3,90	50	1,95	III	15	3	19	1,5 x 1,5	8-9	Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
FEBRERO	14/02/2012	1+017,40	1+020,30	2,90	39	0,22	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
FEBRERO	14/02/2012	1+020,30	1+024,30	4,00	39	0,22	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
FEBRERO	16/02/2012	1+024,30	1+027,70	3,40	33	0,50	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
FEBRERO	16/02/2012	1+027,70	1+030,90	3,20	31	0,50	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
FEBRERO	20/02/2012	1+030,90	1+033,00	2,10	31	0,50	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
FEBRERO	20/02/2012	1+033,00	1+035,30	2,30	34	0,25	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto. Placed 31 micropilotes hincados, L=9.0 m; D=76 mm
MARZO	03/03/2012	1+035,30	1+037,00	1,70	36	0,25	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	04/03/2012	1+037,00	1+038,40	1,40	34	0,30	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	05/03/2012	1+038,40	1+039,10	0,70	36	0,38	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	07/03/2012	1+039,10	1+040,50	1,40			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto. Placed 31 micropilotes hincados, L=9.0 m; D=76 mm
MARZO	07/03/2012	1+040,50	1+041,00	0,50			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	07/03/2012	1+041,00	1+041,50	0,50			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	07/03/2012	1+041,50	1+042,45	0,95			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	08/03/2012	1+042,45	1+044,05	1,60			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto. Placed 31 micropilotes hincados, L=9.0 m; D=76 mm
MARZO	10/03/2012	1+044,05	1+044,70	0,65	35	0,25	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	13/03/2012	1+044,70	1+045,60	0,90			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	13/03/2012	1+045,60	1+046,50	0,90	31	0,08	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	14/03/2012	1+046,50	1+047,50	1,00			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	14/03/2012	1+047,50	1+048,40	0,90	32	0,08	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	17/03/2012	1+048,40	1+049,60	1,20			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto. Placed 31 micropilotes hincados, L=9.0 m; D=76 mm
MARZO	19/03/2012	1+049,60	1+050,40	0,80			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	20/03/2012	1+050,40	1+051,20	0,80			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	22/03/2012	1+051,20	1+053,10	1,90			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto. Placed 31 micropilotes hincados, L=9.0 m; D=76 mm
MARZO	23/03/2012	1+053,10	1+054,50	1,40			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Capa de shotcrete en losa = 15 cm. Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm.
MARZO	23/03/2012	1+054,50	1+055,60	1,10	34	0,25	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MARZO	24/03/2012	1+055,60	1+056,40	0,80	34	0,25	IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
ABRIL	25/04/2012	1+056,40	1+056,80	0,40			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
ABRIL	26/04/2012	1+056,80	1+057,00	0,20			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
ABRIL	27/04/2012	1+057,00	1+057,70	0,70			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
ABRIL	28/04/2012	1+057,70	1+059,60	1,90			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MAYO	05/05/2012	1+059,60	1+060,00	0,40			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto. Placed 31 micropilotes hincados, L=9.0 m; D=76 mm
MAYO	05/05/2012	1+060,00	1+060,40	0,40			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MAYO	06/05/2012	1+060,40	1+061,00	0,60			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MAYO	07/05/2012	1+061,00	1+061,50	0,50			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MAYO	08/05/2012	1+061,50	1+062,25	0,75			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MAYO	08/05/2012	1+062,25	1+062,90	0,65			IV	30	3	19	1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Pernos de roca en el piso L=4 and Diam.= 32 mm. Losa de concreto
MAYO	09/05/2012	1+062,90	1+063,65	0,75			IV	30					Arco Reticulado @1 m	
MAYO	09/05/2012	1+063,65	1+064,40	0,75			IV	30					Arco Reticulado @1 m	
MAYO	10/05/2012	1+064,40	1+065,10	0,70			IV	30					Arco Reticulado @1 m	

MAYO	11/05/2012	1+065,10	1+065,35	0.25			IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	11/05/2012	1+065,35	1+065,60	0.25			IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	12/05/2012	1+065,60	1+066,70	1.10			IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	13/05/2012	1+066,70	1+067,70	1.00			IV	30						Arco Reticulado @1 m	Spiling bars: overlap 1,5 m. Angle: 5°.
MAYO	16/05/2012	1+067,70	1+068,90	1.20			IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	16/05/2012	1+068,90	1+069,40	0.50			IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	17/05/2012	1+069,40	1+069,80	0.40			IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	18/05/2012	1+069,80	1+070,80	1.00			IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	18/05/2012	1+070,80	1+071,90	1.10			IV	30						Arco Reticulado @1 m	Spiling bars: overlap 1,5 m. Angle: 5°.
MAYO	19/05/2012	1+071,90	1+072,50	0.60			IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	19/05/2012	1+072,50	1+073,20	0.70	40	0.80	IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	20/05/2012	1+073,20	1+073,70	0.50			IV	30						Arco Reticulado @1 m	Spiling bars: overlap 1,5 m. Angle: 5°.
MAYO	21/05/2012	1+073,70	1+074,20	0.50	40	0.80	IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	21/05/2012	1+074,20	1+074,70	0.50			IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	22/05/2012	1+074,70	1+075,60	0.90	40	0.64	IV	30						Arco Reticulado @1 m	Spiling bars: overlap 1,5 m. Angle: 5°.
MAYO	22/05/2012	1+075,60	1+076,60	1.00			IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	23/05/2012	1+076,60	1+077,60	1.00	40	0.64	IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	23/05/2012	1+077,60	1+078,60	1.00			IV	30						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	24/05/2012	1+078,60	1+079,60	1.00			IV	20						Arco Reticulado @1 m	Spiling bars: overlap 1,5 m. Angle: 5°.
MAYO	25/05/2012	1+079,60	1+080,60	1.00	40	0.64	IV	20						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	25/05/2012	1+080,60	1+081,10	0.50			IV	20						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	25/05/2012	1+081,10	1+082,20	1.10			IV	20						Arco Reticulado @1 m	.Plain shotcrete= 15 cmSpiling bars: overlap 1,5 m. Angle: 5°.
MAYO	28/05/2012	1+082,20	1+082,70	0.50			IV	20						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	28/05/2012	1+082,70	1+083,70	1.00	40	0.64	IV	20						Arco Reticulado @1 m	.Plain shotcrete= 15 cmSpiling bars: overlap 1,5 m. Angle: 5°.
MAYO	29/05/2012	1+083,70	1+084,20	0.50			IV	20						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	29/05/2012	1+084,20	1+085,30	1.10			IV	20						Arco Reticulado @1 m	.Plain shotcrete= 15 cmSpiling bars: overlap 1,5 m. Angle: 5°.
MAYO	29/05/2012	1+085,30	1+086,70	1.40			IV	20						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	30/05/2012	1+086,70	1+087,30	0.60			IV	20						Arco Reticulado @1 m	
MAYO	30/05/2012	1+087,30	1+088,40	1.10			IV	20						Arco Reticulado @1 m	Spiling bars: overlap 1,5 m. Angle: 5°.
MAYO	30/05/2012	1+088,40	1+089,30	0.90			IV	20						Arco Reticulado @1 m	
JUNIO	01/06/2012	1+089,30	1+090,50	1.20	40	0.64	IV	20						Arco Reticulado @1 m	
JUNIO	02/06/2012	1+090,50	1+091,70	1.20	40	0.64	IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.
JUNIO	03/06/2012	1+091,70	1+092,70	1.00	40	0.64	IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.
JUNIO	04/06/2012	1+092,70	1+094,40	1.70	42	0.80	IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.
JUNIO	05/06/2012	1+094,40	1+095,30	0.90			IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.
JUNIO	05/06/2012	1+095,30	1+096,40	1.10			IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.
JUNIO	06/06/2012	1+096,40	1+097,40	1.00			IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	Plain shotcrete= 15 cm. In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.
JUNIO	07/06/2012	1+097,40	1+098,00	0.60			IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.
JUNIO	08/06/2012	1+098,00	1+098,70	0.70			IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.
JUNIO	12/06/2012	1+098,70	1+099,50	0.80			IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.
JUNIO	11/06/2012	1+099,50	1+099,50	0.00			IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.
JUNIO	12/06/2012	1+099,50	1+100,60	1.10			IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.
JUNIO	21/06/2012	1+100,60	1+101,20	0.60			IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.
JUNIO	21/06/2012	1+101,20	1+101,20	0.00			IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.
JUNIO	26/06/2012	1+101,20	1+101,80	0.60			IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.
JUNIO	27/06/2012	1+101,80	1+102,50	0.70			IV	30	4	32		1,5 x 1		Arco Noruego @ 1m.	In floor Rockbolts L=4 and Diam.= 32 mm. Concrete Slab.Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.

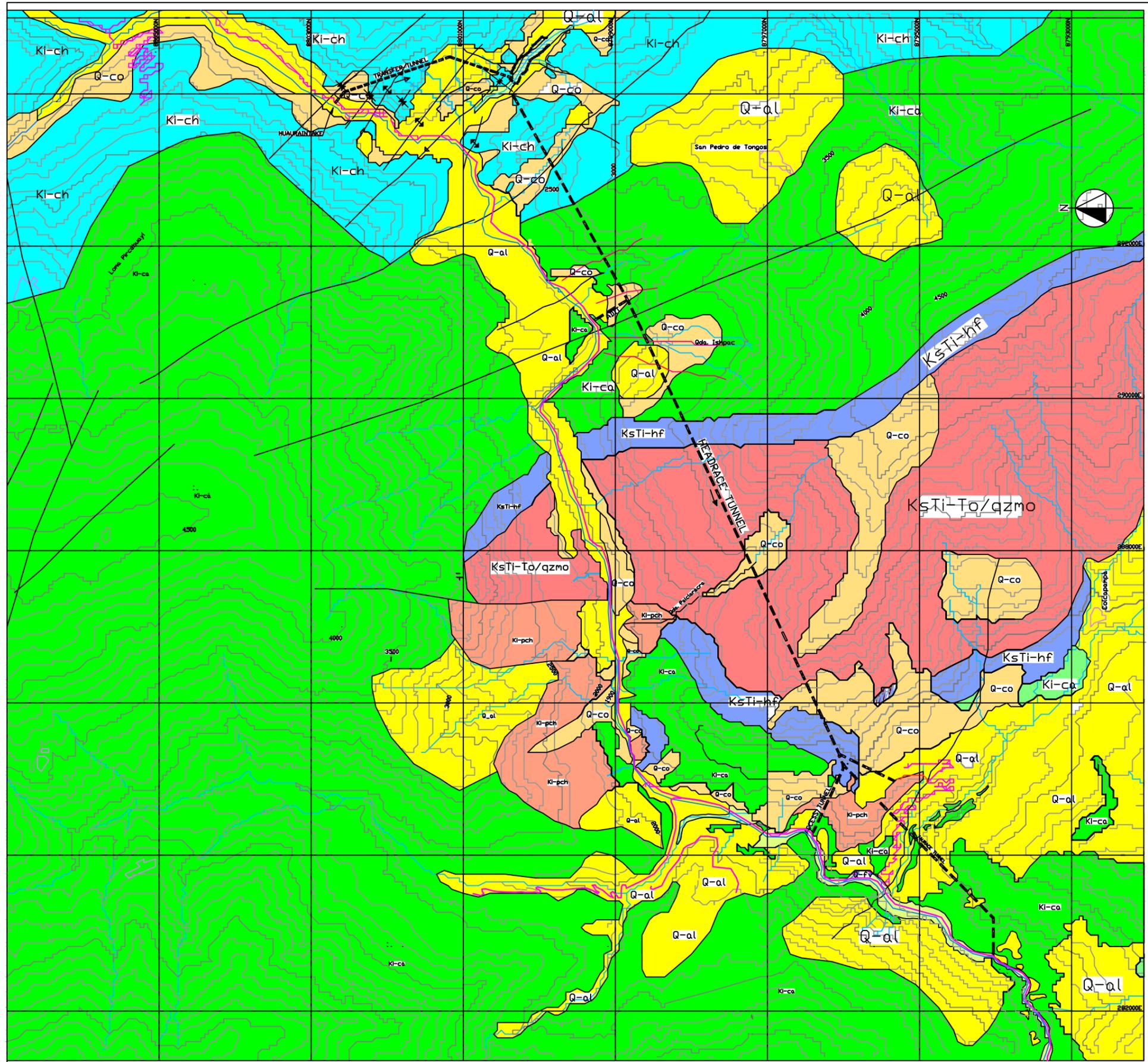
JUNIO	30/06/2012	1+105,10	1+106,40	1.30			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JUNIO	30/06/2012	1+106,40	1+107,40	1.00			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	02/07/2012	1+107,40	1+108,50	1.10			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	02/07/2012	1+108,50	1+109,40	0.90			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	03/07/2012	1+109,40	1+110,40	1.00			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	03/07/2012	1+110,40	1+111,30	0.90			IV	25						Arco Reticulado @1 m	Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.
JULIO	04/07/2012	1+111,30	1+112,30	1.00			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	04/07/2012	1+112,30	1+113,30	1.00			IV	25						Arco Reticulado @1 m	Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.
JULIO	05/07/2012	1+113,30	1+114,50	1.20			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	05/07/2012	1+114,50	1+115,70	1.20			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	06/07/2012	1+115,70	1+116,70	1.00			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	06/07/2012	1+116,70	1+117,60	0.90			IV	25						Arco Reticulado @1 m	Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.
JULIO	10/07/2012	1+117,60	1+118,20	0.60			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	10/07/2012	1+118,20	1+119,10	0.90			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	11/07/2012	1+119,10	1+120,10	1.00			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	11/07/2012	1+120,10	1+121,20	1.10			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	12/07/2012	1+121,20	1+122,10	0.90			IV	25						Arco Reticulado @1 m	Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.
JULIO	12/07/2012	1+122,10	1+123,10	1.00			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	13/07/2012	1+123,10	1+124,10	1.00			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	13/07/2012	1+124,10	1+125,20	1.10			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	14/07/2012	1+125,20	1+126,40	1.20			IV	25						Arco Reticulado @1 m	Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.
JULIO	14/07/2012	1+126,40	1+127,50	1.10			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	15/07/2012	1+127,50	1+128,50	1.00			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	16/07/2012	1+128,50	1+129,50	1.00			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	16/07/2012	1+129,50	1+130,40	0.90			IV	25						Arco Reticulado @1 m	Spiling bars: 4 m . (e=30 cm). Diam. 32 mm .Overlap 1,5 m. Angle: 5°.
JULIO	17/07/2012	1+130,40	1+131,90	1.50			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	17/07/2012	1+131,90	1+132,80	0.90			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	18/07/2012	1+132,80	1+133,80	1.00			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	23/07/2012	1+133,80	1+135,20	1.40			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	24/07/2012	1+135,20	1+136,50	1.30		1.67	IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	24/07/2012	1+136,50	1+138,50	2.00		0.89	IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	30/07/2012	1+138,50	1+140,50	2.00		0.48	IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	31/07/2012	1+140,50	1+141,20	0.70			IV	25						Arco Reticulado @1 m	
JULIO	31/07/2012	1+141,20	1+142,90	1.70		2.08	IV	30						Arco Reticulado @1 m	Invert/Concret Slab/ Losa invertida de hormigon
AGOSTO	01/08/2012	1+142,90	1+144,40	1.50		1.88	IV	25						Arco Reticulado @1 m	Invert/ Invertir
AGOSTO	01/08/2012	1+144,40	1+146,40	2.00	50	2.50	III	10	4	32	1,5 x 1,5	7-8			Totalmente Lechada
AGOSTO	02/08/2012	1+146,40	1+149,20	2.80	54	2.22	III	10	4	32	1,5 x 1,5	7-8			Totalmente Lechada
AGOSTO	03/08/2012	1+149,20	1+151,80	2.60	45	1.85	III	10	4	32	1,5 x 1,5	7-8			Totalmente Lechada
AGOSTO	04/08/2012	1+151,80	1+154,00	2.20	53	14.70	III	8	4	32	1,5 x 1,5	7-8			Totalmente Lechada
AGOSTO	06/08/2012	1+154,00	1+158,20	4.20	52	2.06	III	8	4	32	1,5 x 1,5	6-7			Totalmente Lechada
AGOSTO	07/08/2012	1+158,20	1+161,40	3.20	58	6.11	III	8	4	32	1,5 x 1,5	7-8			Totalmente Lechada
AGOSTO	08/08/2012	1+161,40	1+165,40	4.00	55	3.67	III	8	4	32	1,5 x 1,5	8-9			Totalmente Lechada
AGOSTO	10/08/2012	1+165,40	1+168,80	3.40	53	2.22	III	8	4	32	1,5 x 1,5	7-8			Totalmente Lechada
AGOSTO	11/08/2012	1+168,80	1+172,30	3.50	55	3.00	III	8	4	32	1,5 x 1,5	7-8			Totalmente Lechada
AGOSTO	14/08/2012	1+172,30	1+176,70	4.40	55	4.33	III	8	4	32	1,5 x 1,5	6-7			Totalmente Lechada
AGOSTO	15/08/2012	1+176,70	1+180,80	4.10	54	3.00	III	8	4	32	1,5 x 1,5	7-8			Totalmente Lechada
AGOSTO	16/08/2012	1+180,80	1+184,60	3.80	55	3.00	III	8	4	32	1,5 x 1,5	6-7			Totalmente Lechada
AGOSTO	16/08/2012	1+184,60	1+188,20	3.60	45	0.56	III	10	4	32	1,5 x 1,5	7-8			Totalmente Lechada
AGOSTO	17/08/2012	1+188,20	1+191,60	3.40	44	0.83	III	10	4	32	1,5 x 1,5	7-8			Totalmente Lechada
AGOSTO	18/08/2012	1+191,60	1+195,40	3.80	49	2.20	III	10	4	32	1,5 x 1,5	7-8			Totalmente Lechada
AGOSTO	19/08/2012	1+195,40	1+199,80	4.40	49	2.20	III	8	4	32	1,5 x 1,5	7-8			Totalmente Lechada
AGOSTO	21/08/2012	1+199,80	1+202,10	2.30	46	1.80	III	10	3	19	1,5 x 1,5	8-9			Totalmente Lechada
AGOSTO	22/08/2012	1+202,10	1+204,50	2.40	49	7.60	III	10	3	19	1,5 x 1,5	8-9			Totalmente Lechada
AGOSTO	23/08/2012	1+204,50	1+207,60	3.10	52	8.10	III	10	3	19	1,5 x 1,5	8-9			Totalmente Lechada
AGOSTO	24/08/2012	1+207,60	1+211,80	4.20	50	5.56	III	10	3	19	1,5 x 1,5	8-9			Totalmente Lechada

AGOSTO	25/08/2012	1+223,10	1+225,50	2.40	54	2.75	III	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
AGOSTO	27/08/2012	1+225,50	1+228,00	2.50	50	1.89	III	8	3	19	2,0 x 2,0	6-7	Totalmente Lechada
AGOSTO	28/08/2012	1+228,00	1+231,20	3.20	57	3.33	III	10	3	19	1,5 x 1,5	6-7	Totalmente Lechada
AGOSTO	28/08/2012	1+231,20	1+234,10	2.90	50	1.89	III	8	3	19	1,5 x 1,5	7-8	Totalmente Lechada
AGOSTO	29/08/2012	1+234,10	1+237,10	3.00	56	2.73	III	8	3	19	1,5 x 1,5	7-8	Totalmente Lechada
AGOSTO	29/08/2012	1+237,10	1+240,10	3.00				8	3	19	1,5 x 1,5	7-8	Totalmente Lechada
AGOSTO	31/08/2012	1+240,10	1+244,30	4.20	54	2.50	III	8	3	19	1,5 x 1,5	7-8	Totalmente Lechada
AGOSTO	31/08/2012	1+244,30	1+248,00	3.70	58	4.09	III	8	3	19	1,5 x 1,5	7-8	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	01/09/2012	1+248,00	1+251,80	3.80	58	4.00	III	8	3	19	1,5 x 1,5	6-7	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	01/09/2012	1+251,80	1+255,30	3.50	60	4.67	III	8	3	19	2,0 x 2,0	6-7	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	03/09/2012	1+255,30	1+259,00	3.70	60	3.56	III	8	3	19	1,5 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	03/09/2012	1+259,00	1+263,80	4.80	62	7.33	II	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	04/09/2012	1+263,80	1+268,00	4.20				8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	04/09/2012	1+268,00	1+271,80	3.80	58	2.44	III	8	3	19	2,0 x 2,0	6-7	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	04/09/2012	1+271,80	1+276,00	4.20	56	0.89	III	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	06/09/2012	1+276,00	1+280,30	4.30	56	0.89	III	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	07/09/2012	1+280,30	1+284,20	3.90	53	1.78	III	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	07/09/2012	1+284,20	1+288,50	4.30	50	2.00	III	10	3	19	2,0 x 2,0	6-7	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	08/09/2012	1+288,50	1+292,50	4.00	58	2.60	III	8	3	19	2,0 x 2,0	6-7	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	08/09/2012	1+292,50	1+294,50	2.00	47	0.89	III	10	3	19	2,0 x 2,0	6-7	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	10/09/2012	1+294,50	1+297,20	2.70	53	0.89	III	10	3	19	2,0 x 2,0	6-7	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	10/09/2012	1+297,20	1+300,50	3.30				10	3	19	2,0 x 2,0	6-7	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	11/09/2012	1+300,50	1+304,30	3.80	50	2.00	III	10	3	19	2,0 x 2,0	6-7	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	14/09/2012	1+304,30	1+306,50	2.20				10	3	19	2,0 x 2,0	6-7	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	14/09/2012	1+306,50	1+310,00	3.50	50	2.67	III	15	3	19	2,0 x 2,0	7-8	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	21/09/2012	1+310,00	1+313,40	3.40	53	1.91	III	15	4	32	1,5 x 1,5	7-8	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	24/09/2012	1+313,40	1+315,20	1.80	50	2.00	III	10	4	32	1,5 x 1,5	7-8	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	25/09/2012	1+315,20	1+319,40	4.20				10	4	32	1,5 x 1,5	7-8	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	25/09/2012	1+319,40	1+323,45	4.05	57	3.47	III	8	3	19	1,5 x 1,5	7-8	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	26/09/2012	1+323,45	1+327,10	3.65	55	8.50	III	10	4	32	1,5 x 1,5	7-8	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	27/09/2012	1+327,10	1+330,10	3.00	60	4.00	III	5	4	32	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	27/09/2012	1+330,10	1+333,80	3.70				5	4	32	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	28/09/2012	1+333,80	1+337,60	3.80	57	3.52	III	5	4	32	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	29/09/2012	1+337,60	1+341,00	3.40	60	6.67	III	5	4	32	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
SEPTIEMBRE	30/09/2012	1+341,00	1+345,40	4.40	56	4.67	III	5	4	32	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
OCTUBRE	02/10/2012	1+345,40	1+349,10	3.70	56	3.52	III	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
OCTUBRE	02/10/2012	1+349,10	1+352,90	3.80	66	2.89	II	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6	CT-Bolt
OCTUBRE	03/10/2012	1+352,90	1+356,20	3.30	66	10.93	II	5	3	25	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
OCTUBRE	04/10/2012	1+356,20	1+360,40	4.20	55	1.22	III	8	3	25	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
OCTUBRE	04/10/2012	1+360,40	1+363,80	3.40	65	3.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
OCTUBRE	05/10/2012	1+363,80	1+367,30	3.50	67	3.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
OCTUBRE	06/10/2012	1+367,30	1+371,20	3.90	68	14.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6	CT-bolt
OCTUBRE	06/10/2012	1+371,20	1+373,00	1.80	65	3.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
OCTUBRE	07/10/2012	1+373,00	1+377,20	4.20	68	17.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6	CT-Bolt
OCTUBRE	08/10/2012	1+377,20	1+380,90	3.70	65	8.67	II	5	3	25	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
OCTUBRE	09/10/2012	1+380,90	1+385,50	4.60	63	3.85	II	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
OCTUBRE	10/10/2012	1+385,50	1+387,90	2.40	66	11.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
OCTUBRE	10/10/2012	1+387,90	1+392,00	4.10	69	4.67	II	5	3	25	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
OCTUBRE	11/10/2012	1+392,00	1+395,80	3.80	69	16.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	CT-Bolts
OCTUBRE	12/10/2012	1+395,80	1+399,10	3.30	59	3.85	III	5	4	32	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
OCTUBRE	18/10/2012	1+399,10	1+403,00	3.90	59	2.17	III	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
OCTUBRE	19/10/2012	1+403,00	1+406,60	3.60	58	2.89	III	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
OCTUBRE	20/10/2012	1+406,60	1+410,80	4.20	69	14.22	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	CT-bolt
OCTUBRE	20/10/2012	1+410,80	1+414,10	3.30	63	0.13	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada

OCTUBRE	24/10/2012	1+427,60	1+431,20	3.60	66	14.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		CT-bolts
OCTUBRE	24/10/2012	1+431,20	1+434,70	3.50	60	2.67	III	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
OCTUBRE	26/10/2012	1+434,70	1+438,80	4.10	65	11.56	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
OCTUBRE	27/10/2012	1+438,80	1+442,00	3.20	61	4.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
OCTUBRE	27/10/2012	1+442,00	1+445,60	3.60	61	2.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
OCTUBRE	28/10/2012	1+445,60	1+449,30	3.70	61	2.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
OCTUBRE	29/10/2012	1+449,30	1+453,40	4.10	57	8.00	III	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
OCTUBRE	30/10/2012	1+453,40	1+457,00	3.60	60	4.33	III	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
OCTUBRE	31/10/2012	1+457,00	1+460,80	3.80	---	---		8	3	19	2,0 x 2,0	6-7		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	01/11/2012	1+460,80	1+464,70	3.90	65	6.25	II	8	3	19	2,0 x 2,0	6-7		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	02/11/2012	1+464,70	1+468,10	3.40	65	13.00	II	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	04/11/2012	1+468,10	1+471,60	3.50	67	5.78	II	8	3	19	2,0 x 2,0	6-7		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	06/11/2012	1+471,60	1+475,40	3.80	52	1.11	III	8	3	19	2,0 x 2,0	7-8		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	07/11/2012	1+475,40	1+478,60	3.20	60	6.50	III	8	3	19	1,5x1,5	8-9		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	08/11/2012	1+478,60	1+482,40	3.80	56	3.25	III	8	3	19	1,5x1,5	8-9		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	09/11/2012	1+482,40	1+486,20	3.80	56	4.00	III	8	3	19	1,5x1,5	8-7		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	10/11/2012	1+486,20	1+489,50	3.30	61	3.00	II	8	3	19	1,5x1,5	5-6		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	14/11/2012	1+489,50	1+493,50	4.00	---	---		8	3	19	1,5x1,5	5-6		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	15/11/2012	1+493,50	1+496,60	3.10	64	1.83	II	5	3	19	Spot	5		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	15/11/2012	1+496,60	1+500,60	4.00	66	1.63	II	5	3	19	2,0 x 2,0	3-4		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	16/11/2012	1+500,60	1+503,50	2.90	57	2.44	III	5	3	19	2,0 x 2,0	3-4		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	20/11/2012	1+503,50	1+507,60	4.10	47	2.00	III	8	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	21/11/2012	1+507,60	1+511,20	3.60	51	0.83	III	8	3	19	1,5x1,5	5-6		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	21/11/2012	1+511,20	1+515,70	4.50	51	2.00	III	10	3	19	1,5x1,5	6-7		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	22/11/2012	1+515,70	1+519,10	3.40	40	1.50	IV	10	3	19	1,5x1,5	6-7		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	25/11/2012	1+519,10	1+522,15	3.05	54	1.70	III	10	3	19	1,5x1,5	6-7		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	26/11/2012	1+522,15	1+525,40	3.25	57	2.27	III	10	3	19	1,5x1,5	6-7		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	27/11/2012	1+525,40	1+528,40	3.00	45	1.13	III	10	3	19	1,5x1,5	7-8		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	27/11/2012	1+528,40	1+531,50	3.10	---	---		10	4	32	1,5x1,5	7-8		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	28/11/2012	1+531,50	1+534,30	2.80	51	0.67	III	10	4	32	1,5x1,5	7-8		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	03/12/2012	1+534,30	1+537,70	3.40	47	0.22	III	10	4	32	1,5x1,5	7-8		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	03/12/2012	1+537,70	1+540,80	3.10	44	0.22	III	10	4	32	1,5x1,5	7-8		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	04/12/2012	1+540,80	1+543,60	2.80	---	---		10	4	32	1,5x1,5	7-8		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	05/12/2012	1+543,60	1+546,70	3.10	45	0.58	III	10	4	32	1,5x1,5	7-8		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	05/12/2012	1+546,70	1+549,60	2.90	46	0.34	III	10	4	32	1,5x1,5	8-9		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	09/12/2012	1+549,60	1+552,70	3.10	45	0.15	III	10	4	32	1,5x1,5	7-8		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	11/12/2012	1+552,70	1+555,50	2.80	41	0.22	III	10	4	32	1,5x1,5	7-8		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	11/12/2012	1+555,50	1+558,40	2.90	48	1.83	III	10	4	32	1,5x1,5	7-8		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	12/12/2012	1+558,40	1+561,60	3.20	---	---		10	4	32	1,5x1,5	7-8		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	12/12/2012	1+561,60	1+564,70	3.10	63	4.40	II	10	4	32	1,5x1,5	7-8		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	06/11/2013	2+140,50	2+144,70	4.20	71	9.63	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	07/11/2013	2+144,70	2+148,10	3.40	57	3.11	III	8	3	19	1,5 x 1,5	5-6		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	07/11/2013	2+148,10	2+152,10	4.00	56	1.67	III	8	3	19	1,5 x 1,5	7-6		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	07/11/2013	2+152,10	2+156,00	3.90				8	3	19	1,5 x 1,5	7-6		Totalmente Lechada
NOVIEMBRE	08/11/2013	2+156,00	2+158,50	2.50	28	0.01	IV	30					Arco Reticulado@ 1,0 m	Welded wire mesh. Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h- 3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	12/11/2013	2+158,50	2+160,00	1.50	26	0.05	IV	30					Arco Reticulado@ 1,0 m	Welded wire mesh. Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h- 3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	12/11/2013	2+160,00	2+162,20	2.20	27	0.08	IV	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado@ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	13/11/2013	2+162,20	2+162,80	0.60	27	0.05	IV	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado@ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	13/11/2013	2+162,80	2+164,10	1.30	27	0.08	IV	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado@ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	14/11/2013	2+164,10	2+165,35	1.25	42	0.01	III	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado@ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.

NOVIEMBRE	17/11/2013	2+167,20	2+167,70	0.50	54	0.01	III	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado@ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	17/11/2013	2+167,70	2+168,00	0.30				30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado@ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	18/11/2013	2+168,00	2+170,00	2.00	22	0.19	IV	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado@ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 10 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	19/11/2013	2+170,00	2+171,40	1.40	40	0.13	IV	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado@ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 10 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	20/11/2013	2+171,40	2+172,40	1.00	24	0.13	IV	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado@ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	20/11/2013	2+172,40	2+173,30	0.90				30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado@ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	21/11/2013	2+173,30	2+174,10	0.80				30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado @ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	24/11/2013	2+174,10	2+175,40	1.30	48	0.80	III	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado @ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	25/11/2013	2+175,40	2+176,60	1.20	47	0.50	III	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado @ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
NOVIEMBRE	26/11/2013	2+176,60	2+177,70	1.10	60	0.92	III and IV	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado @ 1,0 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
DICIEMBRE	02/12/2013	2+177,70	2+178,80	1.10	64	3.00	II	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado @ 1,5 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
DICIEMBRE	03/12/2013	2+178,80	2+180,40	1.60	55	1.00	III and IV	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado @ 1,5 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
DICIEMBRE	03/12/2013	2+180,40	2+182,20	1.80	60	1.67	III and IV	30	3	19	Arch feet	n=2	Arco Reticulado @ 1,5 m	Spilling bars (L=4 m; IBO 32/38 mm; e=30 cm; 9 h-3 h; 2 m overlap). 5 cm FRS in face. Bolts type IBO, fully grouted.
DICIEMBRE	04/12/2013	2+182,20	2+184,00	1.80	67	1.33	II	8	3	19	1,5 x 1,5	6-7		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	04/12/2013	2+184,00	2+186,60	2.60	61	1.56	II	8	3	19	1,5 x 1,5	6-7		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	05/12/2013	2+186,60	2+189,60	3.00	70	4.33	II	8	3	19	2,0 x 2,0	6-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	05/12/2013	2+189,60	2+193,10	3.50				8	3	19	2,0 x 2,0	6-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	06/12/2013	2+193,10	2+196,00	2.90	73	4.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	06/12/2013	2+196,00	2+199,20	3.20	60	1.56	III	8	3	19	2,0 x 2,0	6-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	07/12/2013	2+199,20	2+203,20	4.00	68	4.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	07/12/2013	2+203,20	2+207,10	3.90	57	1.33	III	8	3	19	1,5 x 1,5	6-7		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	09/12/2013	2+207,10	2+210,70	3.60				8	3	19	1,5 x 1,5	6-7		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	09/12/2013	2+210,70	2+214,70	4.00				8	3	19	1,5 x 1,5	6-7		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	10/12/2013	2+214,70	2+217,70	3.00				8	3	19	1,5 x 1,5	6-7		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	10/12/2013	2+217,70	2+221,70	4.00	60	4.00	III	8	3	19	1,5 x 1,5	6-7		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	11/12/2013	2+221,70	2+225,10	3.40	60	5.78	III	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	11/12/2013	2+225,10	2+229,10	4.00	65	4.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	12/12/2013	2+229,10	2+232,60	3.50	61	8.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	12/12/2013	2+232,60	2+236,70	4.10	67	40.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	13/12/2013	2+236,70	2+240,10	3.40	66	17.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	13/12/2013	2+240,10	2+244,20	4.10	64	2.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	14/12/2013	2+244,20	2+247,60	3.40	65	5.78	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	15/12/2013	2+247,60	2+251,50	3.90	67	2.53	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	15/12/2013	2+251,50	2+254,80	3.30	62	4.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	16/12/2013	2+254,80	2+258,50	3.70				5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	17/12/2013	2+258,50	2+262,00	3.50	62	14.44	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	17/12/2013	2+262,00	2+265,70	3.70	64	4.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	18/12/2013	2+265,70	2+269,10	3.40	69	31.11	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente lechada. 01 spot bolt additional ZH 10:30
DICIEMBRE	19/12/2013	2+269,10	2+272,60	3.50	70	9.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	20/12/2013	2+272,60	2+276,00	3.40	68	10.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	21/12/2013	2+276,00	2+279,30	3.30	71	16.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	21/12/2013	2+279,30	2+283,10	3.80	67	4.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada
DICIEMBRE	22/12/2013	2+283,10	2+286,40	3.30	66	34.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5		Totalmente Lechada

ENERO	04/01/2014	2+290,40	2+294,10	3.70	73	21.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	04/01/2014	2+294,10	2+296,70	2.60	72	25.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4	Totalmente Lechada
ENERO	05/01/2014	2+296,70	2+299,90	3.20	73	15.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	06/01/2004	2+299,90	2+303,60	3.70	69	25.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	06/01/2014	2+303,60	2+307,50	3.90	66	17.78	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	07/01/2014	2+307,50	2+311,00	3.50	65	23.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	07/01/2014	2+311,00	2+314,60	3.60	70	9.38	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	08/01/2014	2+314,60	2+318,10	3.50				5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	08/01/2014	2+318,10	2+322,40	4.30	66	13.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	09/01/2014	2+322,40	2+325,40	3.00	69	15.56	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	09/01/2014	2+325,40	2+329,40	4.00	69	9.44	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	10/01/2014	2+329,40	2+332,90	3.50	64	15.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	10/01/2014	2+332,90	2+336,50	3.60	67	9.44	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	11/01/2014	2+336,50	2+339,90	3.40	67	23.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	11/01/2014	2+339,90	2+343,60	3.70	68	18.89	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	12/01/2014	2+343,60	2+346,20	2.60	67	16.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	13/01/2014	2+346,20	2+349,80	3.60	68	16.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	13/01/2014	2+349,80	2+352,90	3.10	68	13.33	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	14/01/2014	2+352,90	2+356,70	3.80				5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	14/01/2014	2+356,70	2+359,70	3.00	65	11.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	15/01/2014	2+359,70	2+363,90	4.20	69	20.00	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	15/01/2014	2+363,90	2+367,10	3.20	65	12.50	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	16/01/2014	2+367,10	2+371,50	4.40	67	17.78	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	16/01/2014	2+371,50	2+374,80	3.30	59	8.13	III	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
ENERO	17/01/2014	2+374,80	2+378,90	4.10	66	6.67	II	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
ENERO	18/01/2014	2+378,90	2+382,10	3.20				8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
ENERO	18/01/2014	2+382,10	2+386,10	4.00	66	6.33	II	8	3	19	1,5x1,5	7-6	Totalmente Lechada
ENERO	18/01/2014	2+386,10	2+388,80	2.70	65	11.67	II	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
ENERO	19/01/2014	2+388,80	2+392,40	3.60				8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
ENERO	20/01/2014	2+392,40	2+395,50	3.10	64	8.44	II	5	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
ENERO	20/01/2014	2+395,50	2+398,80	3.30	61	10.00	II	8	3	19	1,5x1,5	7-6	Totalmente Lechada
ENERO	21/01/2014	2+398,80	2+401,50	2.70	66	8.89	II	8	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	22/01/2014	2+401,50	2+405,20	3.70	62	12.67	II	5	3	19	2,0 x 2,0	4-5	Totalmente Lechada
ENERO	22/01/2014	2+405,20	2+408,70	3.50	59	5.42	III	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
ENERO	22/01/2014	2+408,70	2+412,30	3.60	61	8.33	II	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
ENERO	23/01/2014	2+412,30	2+415,60	3.30	65	8.13	II	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
ENERO	24/01/2014	2+415,60	2+418,90	3.30	64	8.33	II	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
ENERO	24/01/2014	2+418,90	2+422,50	3.60	58	4.56	III	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada
ENERO	25/01/2014	2+422,50	2+425,60	3.10	58	4.17	III	8	3	19	2,0 x 2,0	5-6	Totalmente Lechada



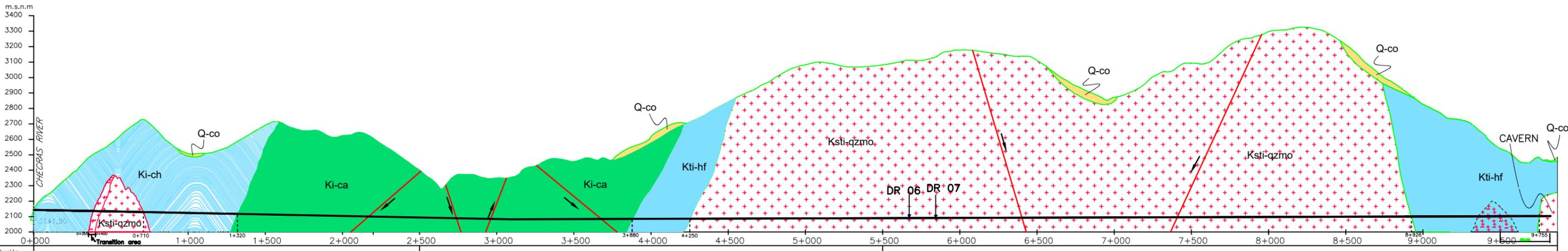
LEYENDA GEOLÓGICA				
ERA	SISTEMA	SERIES	UNIDADES LITOLÓGICAS	INTRUSIVE-METAMORPHIC ROCK
CENOZOICO	CUATERNARIO		FLUVIO-ALLUVIAL DEPOSITS Q-fv	Ks-To/qzmo TONALITES QUARTZ-DIOZONITES
			COLLUVIAL DEPOSITS Q-co	
			ALLUVIONAL DEPOSITS Q-al	
MESOZOICO	CRETACICO	MEDIO	FORMACIÓN PACCHO TINGO Kl-Pch	KsTi-hf HORNFELS
		INFERIOR	GRUPO CASMA Kl-ca	
		VALANGIAN	FORMACIÓN CHIMÚ Kl-ch	

TECTONISMO	
	GEOLOGICAL CONTACT
	INFERRED GEOLOGICAL CONTACT
	STRIKE AND DIP
	GEOLOGICAL FAULT
	INFERRED GEOLOGICAL FAULT
	ANTICLINE
	SYNCLINE

LEYENDA TOPOGRÁFICA	
	COUNTOUR LINES 100M.
	TUNNEL PROJECT
	RIOS
	QUEBRADA
	TROCHA CARROZABLE
	BRIDGE, TUNNEL



 UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERÍA, METALURGIA Y GEOGRÁFICA-UNIDAD DE POSGRADO	
TEMA DE TESIS: "MODELO DE MONITORIO GEOLÓGICO-GOTÉCNICO MEDIANTE CONVERGENCIAS PARA DISEÑAR EL MONITOREO FINAL DE UN TUNEL CON ENSE CUYES Y MINEROS- TUNEL DE CONEXIÓN DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA CUYES"	
PLANO:	GEOLOGÍA REGIONAL
ASESOR:	Msc. Ing. VICTOR TOLENTINO PARRAGUERRI
ALUMNO:	BACH. RICHARD EDUARDO ANGELES BAZAN
FECHA:	OCTUBRE DEL 2020
ESC.:	1/50000
01	



Distribución Clase de Roca Encontrada	A 1 = 0 % , A 2 = 16 % , A 3 = 60 % , A 4 = 22 % , A 5 = 2 %	A 1 = 10 % , A 2 = 27 % , A 3 = 50 % , A 4 = 12 % , A 5 = 1 %	A 1 = 2 % , A 2 = 12 % , A 3 = 65 % , A 4 = 20 % , A 5 = 1 %
---------------------------------------	--	---	--

LEYENDA GEOLÓGICA			
ERA	SISTEMA	SERIES	UNIDAD LITOLÓGICA
CENOZOICO	CUATERNARIO		DEPOSITOS FLUVIO-ALUVIAL Q-fv
			DEPOSITO COLLUVIAL Q-co
			DEPOSITO ALUVIAL Q-al
MESOZOICO	CRETACICO INFERIOR	VALANGIAN	PACCHO TINGO FORMACIÓN Ki-pch
			GRUPO CASMA Ki-ca
			FORMACIÓN CHIMU Ki-ch

SIMBOLOS GEOLOGICOS	
	FALLA GEOLOGICA
	CONTACTO GEOLOGICO
	TÚNEL DE CONDUCCIÓN
	AREA DE TRANSICIÓN

CLASE DE ROCA ENCONTRADA	
	A1
	A2
	A3
	A4
	A5



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERIA, METALURGIA Y GEOGRAFIA-UNIDAD DE POSGRADO

TEMA DE TESIS: "MONITOREO GEOLOGICO GEOTECNICO MEDIANTE CONVERGENCIAS PARA DEFINIR EL SOSTENIMIENTO FINAL DE UN TUNEL CON TIPOS CIVILES Y MINEROS - TUNEL DE CONDUCCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA CHECRAS"

PLANO: **PERFIL GEOLOGICO GEOTECNICO** PLANO: **02**

ASESOR: Msc. Ing. VICTOR TOLENTINO IBARRIGUIE

PRESENTADO POR: BACH. EDUARDO EDUARDO ANGELES BAZAN

FECHA: 08/11/2020

FIG.: 1/25/011

CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.1.1 *Geología Local*

La geología de la zona es compleja, apareciendo a lo largo del proyecto rocas vulcano-sedimentarias, volcánicas, plutónicas y formaciones metamórficas. El túnel de conducción y el complejo de Casa de Máquinas han sido excavados en roca dura. En el caso de las cavernas, éstas se encuentran en una zona estructuralmente compleja debido a la presencia de intrusiones de tonalita asociadas a juntas de cizalla subhorizontales y rocas metamórficas, investigación realizada por Sanchos, M., Veyrat, S., Boizan, M., y Calera, J. (2015). Ver perfil Plano 02 (Perfil longitudinal del proyecto hidroeléctrico Cheves).

Estratigráficamente se divide en cuatro zonas, que corren en fajas paralelas a la costa, estando ligadas a zonas estructurales que han controlado la historia estratigráfica.

Unidades Cronoestratigráficas				Unidades Litoestratigráficas		Descripción		
Eono tema	Era tema	Sistema	Serie					
FANEROZOICO	MESOZOICA	CRETACEO	Superior	Fm. Jumasha	Sector Occidental		Hacia la base limoarcillitas negras seguidas de calizas grises en estratos medianos que hacia la parte media se hacen cada vez más gruesos. Hacia la parte superior calizas en estratos delgados.	
				Grupo Casma		Fm. Pariatambo		Limoarcillitas gris oscuras a negras, intercaladas con delgados estratos de calizas, que pasan hacia la parte superior a calizas grises en estratos gruesos.
				Fm. Chúlec			Hacia la base calizas grises y pardo rojizas intercaladas con limoarcillitas grises que pasan hacia la parte superior a calizas grises en estratos gruesos.	
				Fm. Farral			Areniscas cuarzosas blancas, en estratos medianos a gruesos.	
				Fm. Carhuaz			Secuencias de limoarcillitas grises, verdes y rojas, seguidas de areniscas grises en estratos medianos a gruesos.	
				Fm. Santa			Calizas grises y pardo rojizas con chert, intercaladas con limoarcillitas grises a gris oscuras. Hacia la base presenta intercalaciones de areniscas.	
				Grupo Goyllarisquizga		Fm. Chimú		Areniscas cuarzosas blancas en estratos gruesos. Hacia la base se intercalan delgados estratos de limoarcillitas negras carbonosas y carbones.
			Fm. Oyón			Areniscas cuarzosas blancas en estratos delgados, intercalados con limoarcillitas gris oscuras a negras y estratos de carbón.		
			Inferior	Fm. Chicama		Miembro Churín		Limoarcillitas gris oscuras, esquitosas, intercaladas con delgados estratos de calizas y areniscas.
						Miembro Cabracancha		Areniscas cuarzosas blancas y grises, en estratos medianos a gruesos, intercaladas con limoarcillitas grises a gris oscuras.
						Fm. Oyotún		Hacia la base conglomerados, brechas y tobas volcánicas gris verdosas, violáceas y amarillentas. Hacia la parte superior tobas cristalólicas gris verdosas, intercaladas con areniscas y limolitas de composición tobácea.

Figura 5.1. Columna Estratigráfica Local.

Fuente: INGEMMET

De Oeste a Este las zonas son las siguientes:

1. Zona Costanera.
2. Zona Volcánica de la Sierra
3. Zona de la Cuenca Cretácea
4. Zona del Bloque Cretáceo

Bordeando los cauces de los ríos Huaura y Checras se encuentran depósitos cuaternarios fluviales, fluvio-aluviales y en las partes medias altas de las laderas depósitos coluvio-aluviales, producto de la erosión de las rocas intrusivas y sedimentarias. La estratigrafía que incide en el área de investigación son la Formación Chimú y el Grupo Casma.

Formación Chimú

Constituida de cuarcita (bancos de roca) intercalados, estratos de arenisca cuarzosa, lutitas y en ocasiones capas de carbón. “Las cuarcitas presentan una alta resistencia y comportamiento frágil, con múltiples fracturas rellenas de óxidos de hierro”. Ver perfil Plano 02 (Perfil longitudinal del proyecto hidroeléctrico Cheves).

Presenta un grosor aproximado de 500 m. Se encontró flujos de agua subterránea en el tramo comprendido entre las progresivas 1+150 a 1+190 del túnel de conducción. (Ver figuras 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5).



Figura 5.2. Formación Chimú, arenisca cuarzosa meteorizada intercalada con capas de limoarcillitas.



Figura 5.3. Formación Chimú, areniscas cuarzosas intercaladas con estratos delgados de carbón, capas con dirección de buzamiento 15° - 20° y buzamiento 45° - 50° ; progresiva 0+144.90.



Figura 5.4. Formación Chimú, areniscas cuarzosas intercaladas con estratos delgados de carbón, capas con dirección de buzamiento 200° - 210° y buzamiento 50° - 65° ; progresiva 0+347.10.



Figura 5.5. Formación Chimú, areniscas cuarzosas intercaladas con estratos delgados de carbón, fracturas rellenas de calcitas, capas con dirección de buzamiento 10° - 15° y buzamiento 70° - 75° ; progresiva 0+742.70.

Brechas vulcano-sedimentarias

Incluidas de igual manera en la formación Chimú, formadas por bloques y clastos impregnados en una matriz verdosa, con fracturación y meteorización de moderada a elevada. Ver perfil Plano 02 (Perfil longitudinal del proyecto hidroeléctrico Cheves).

Grupo Casma

Constituido por andesitas de textura porfirítica. El Grupo Casma intercepta al túnel de conducción entre las progresivas 1+320 al 3+880. Se trata de una secuencia volcánica y sedimentaria, que ha hecho posible dividir a este grupo en dos miembros, un Miembro inferior volcánico denominado Miembro inferior (Ki-cas/v), y un Miembro superior sedimentario y volcanosedimentario denominado Miembro Superior (Ki-cas/vs).

Miembro inferior (Ki-cas/v). La secuencia inferior volcánica, comienza por una secuencia de conglomerados con clastos de cuarcitas principalmente, seguido de tobas alteradas. Hacia la parte media y superior se observan tobas de cristales, tobas cristalolíticas y andesitas.

Miembro Superior (Ki-cas/vs). Aflora en el sector de Paccho Tingo (margen izquierda del río Huaura), donde se compone de limoarcillas negras con laminación horizontal fina, intercalada con areniscas finas, calizas y estratos delgados de sílex. Sobreyace a la secuencia volcánica inferior y se halla intruida por el Plutón Colcapampa. Otros afloramientos se tienen en los sectores de

Mirahuay-Quebrada Paccho, Huagar- Huallao y Quebrada Paclatacta-Caujul. Se componen de limoarcillitas negras con laminación horizontal, intercaladas con delgados estratos de areniscas, calizas, tobas y coladas volcánicas que pueden alcanzar hasta 300 m de grosor (Mirahuay-Quebrada Paccho).

Stock Churin Bajo

Conformadas por “rocas intrusivas del tipo tonalita, granodiorita y cuarzo-monzonita. Estas rocas son de alta resistencia, de baja a moderada alteración en superficie, con rellenos de óxidos de hierro en sus fracturas”. Ver perfil Plano 02 (Perfil longitudinal del proyecto hidroeléctrico Cheves).



Figura 5.6. Grupo Casma, Miembro inferior (Kicas/v). Zona de falla geológica, toba verdosa, capas con dirección de buzamiento 05°-10° y buzamiento 68°; progresiva 1+549.70.



Figura 5.7. Grupo Casma, Miembro inferior (Kicas/v). Andesita con presencia de humedad y zonas de óxidos, progresiva 1+558.50.



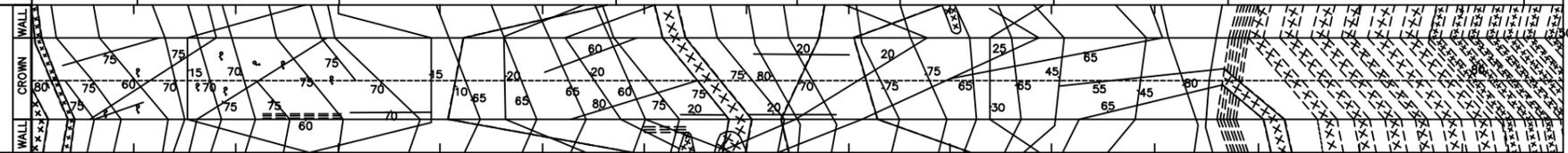
Figura 5.8. Grupo Casma, Miembro inferior (Kicas/v). Andesita, con fallas geológicas rellenas de clorita, arcilla expansiva., progresiva 1+659.50.



Figura 5.9. Grupo Casma, Miembro inferior (Kicas/v). Andesita, con presencia de falla geológica rellena de mineral expansivo con dirección de buzamiento 10° - 15° y buzamiento 20° - 30° , progresiva 2+159.50.

Classification/rock type	QUARTZITE AND GREYWACHE				BLACK SHALE/A FAULT ZONE			
Filling Material/alteration	BLACK CLAY	SIUT,CALCACITE	SILT CALCACITE	BLACK CLAY	BLACK CLAY	BLACK CLAY	BLACK CLAY	AND RUSHED ROCK
Thickness(mm)	5-100	Pk	5-10	200-1000	5-10	200-800	GENERACCY CRUSHED ROCK	
RQD/Jn	10/12 10/12	30/15-50/9	40/1 - 30/4	30/15 - 50/12	35/12-50/12	20/15 - 40/12	20/15 - 40/12	10/20 - 1/15
Jn/Ja	1/12 1/4	1/4 - 1/4	15/4 - 2/3	1/12 - 1/8	1/6-1/4	1/8 - 1/4	1/8 - 1/4	1/12 - 1/8
Jw/SRF	1/5-1/2,5	1/2,5-1/5	1/2,5 - 1/1	1/5 - 1/2,5	1/1-1/1	1/5 - 1/4	1/5 - 1/4	1/10 - 1/5
Q - values/GSI	0,014-0,3	0,2 - 1,4	0,4 - 3,7	0,03 - 0,2	0,5-1,0	0,03-0,8	0,03-0,3	0,004 -0,016
Note	LENSES OF BLACK CLAY			LENSES BLACK CLAY		LENSES OF BLACK CLAY		CRUSHED AND DISTURBED BLACK SHALE WITH CLAY. SENSITIVE FOR WATER

MAPEO GEOMECANICO



Pk	910	920	930	940	950	960	970	980	990	1+000	1+010	1+020	1+030	1+040	1+050
Exploratory - drilling	[Diagram showing drilling locations]														
Grouting	[Diagram showing grouting locations]														

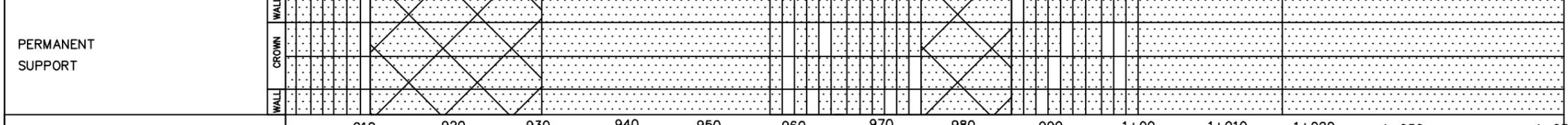
SOSTENIMIENTO INICIAL



PK	910	920	930	940	950	960	970	980	990	1+000	1+010	1+020	1+030	1+040	1+050
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Shotcrete. Thickness (mm)	100	75	100	75	50	100	75	100	75	100	S+RRS C/C 1,5		S+RSS C/C 1.0 150		
---------------------------	-----	----	-----	----	----	-----	----	-----	----	-----	---------------	--	-------------------	--	--

Rock bolts,Pattern	1,5x 2x2	1,5x1,5	2x2	1,5x1,5	2x2	1,5 x 1,5				SIC=150		SIC=450		
--------------------	----------	---------	-----	---------	-----	-----------	--	--	--	---------	--	---------	--	--

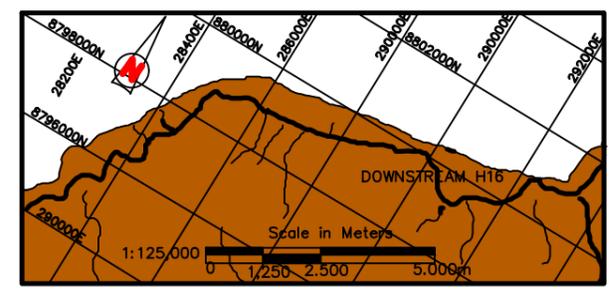


Pk	910	920	930	940	950	960	970	980	990	1+000	1+010	1+020	1+030	1+040	1+050
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Shotcrete,Crown, Thickness	RRS	S+22F 100	SFR 100	S+RRS 1,5	S+WWF	S+RRS1,5					
Shotcrete,Walls, Thickness	1,5	S+WWF 100	SFR 100	SIC =150	B1,5x1,5	SIC =950	PENDING		PENDING		
Rock bolts,Crown		B1,5x1,5	B1,5x1,5								
Rock bolts, Walls	SIC=450	B1,5x1,5	B1,5x1,5		B1,5x1,5						

LEGEND

- + Dip direction/Dip,rock
- + Dip direction/Dip,discontinuities
- + Seams/Filled joints
- () Discontinuities
- Weakness-/joint zone
- Crushed-/clay zone
- o ? water seepage/leakage
- Are with dense jointing
- Rock burst,Spalling
- qz - quartz
- cl - clay
- chl - chlorite
- ca - calcite
- sm - smectite
- sa - sand
- si - silt
- ru - rust
- mo - montmorillonite
- swc - swelling clay
- Shotcrete thickness
- 50 mm - 5cm
- 75 mm - 7.5cm
- 100 mm - 10cm
- 150 mm - 15cm



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERIA, METALURGIA Y GEOGRAFICA-UNIDAD DE POSGRADO

TEMA DE TESIS: "MODELO DE MONITOREO GEOLOGICO-GEOTECNICO MEDIANTE CONVERGENCIAS PARA DEFINIR EL SOSTENIMIENTO FINAL DE UN TUNEL CON ENCLAVES Y MEMBRAS. TUNEL DE CONSTRUCCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA CHUYEN"

PLANO: MAPA GEOMECANICO TRAMO 0+900 - 1+050

ASesor: Mes. Ing. VICTOR TOLENTINO IPARRAGUIRE

PRESENTADO POR: BACH. RICHARD EDUARDO ANGELES BAZAN

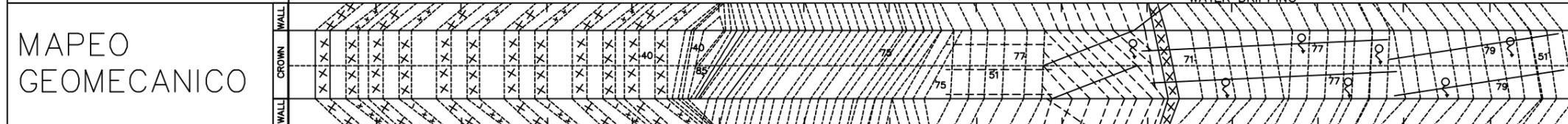
FECHA: OCTUBRE DEL 2020

ESC.: 1/345

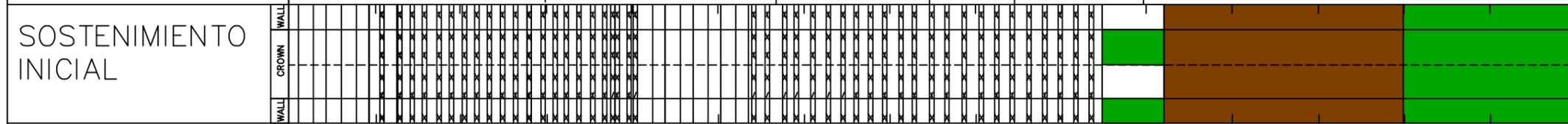
05

Classification/rock type	BLACK SHLE IAUT ZONE	DARCK GREY WACHE
Filling Material/alteration	BLACK CLAY/CRUSHED ROCK	BLACK CLAY/RUSHED ROCK
Thickness(mm)	GENERALLY CRUSHED ROCK	CRUSHED 100-500
RQD/Jn	10/20 - 10/15	10 - 20/12
Jn/Ja	1/12 - 1/8	0,5 - 1/8 - 12
Jw/SRF	1710 - 1/5	1/2,5
Q - values/GSI	0,004 - 0,016	0,015 - 0,08

Note: THE WHOLE AREA IS A FAULT TONE CONSISTING IN BORE OR LESS CRUSHED ROCK, PARTLY DECOMPOSEO ROCK. CRUSHED ROCK HEAVILLY Y JOINTED ROCK AND CARBON. 1+154-1+164 NICHE ON RIGHT SIDE WATER DRIPPING

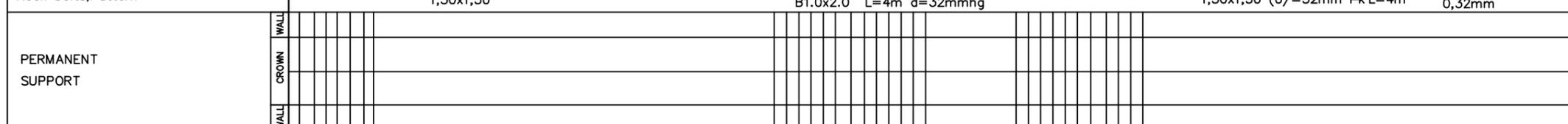


Pk	1+060	1+070	1+080	1+090	1+100	1+110	1+120	1+130	1+140	1+150	1+160	1+170	1+180	1+190	1+200
Exploratory - drilling															
Grouting															



PK	1+060	1+070	1+080	1+090	1+100	1+110	1+120	1+130	1+140	1+150	1+160	1+170	1+180	1+190	1+200
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Shotcrete. Thickness (mm)	RRS C/C10	LATICC GRIRDER 5300mm	RRS C/C 1,0	LATTICE GIRDER 300mm	100mm	75mm	100mm
Rock bolts,Pattern	1,50x1,50		B1.0x2.0 L=4m d=32mmhg			1,50x1,50 (o/=32mm Pk L=4m 2x2 1,5x1,5m 0,32mm)	

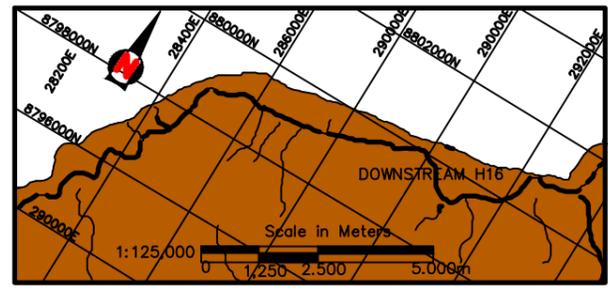


Pk					1+130	1+145	1+154	1+164
Shotcrete,Crown, Thickness		PENDING			PENDING	RRS C/C 1,5	NICHE S+WWF	RRS C/c 2,5
Shotcrete,Walls, Thickness							75mm	B2,5x1,5
Rock bolts,Crown							B2,0 2,0	B2,5x1,5
Rock bolts, Walls								

SIC=450 NO 50mm

LEGEND

- Dip direction/Dip,rock
- Dip direction/Dip,discontinuities
- Seams/Filled joints
- Discontinuities
- Weakness-/joint zone
- Crushed-/clay zone
- o ♀ water seepage/leakage
- xxx Are witch dense jointing
- Rock burst,Spalling
- qz - quartz sa - sand
- cl - clay si - silt
- chl - chlorite ru - rust
- ca - calcite mo - montmorillonite
- sm - smectite swc - swelling clay
- Shotcrete thickness
- 50 mm - 5cm
- 75 mm - 7.5cm
- 100 mm - 10cm
- 150 mm - 15cm



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERIA, METALURGIA Y GEOGRAFICA-UNIDAD DE POSGRADO
 TEMA DE TESIS: "MODELO DE MONITOREO GEOLÓGICO- GEOTÉCNICO MEDIANTE CONVERGENCIAS PARA DEFINIR EL SOSTENIMIENTO FINAL DE UN TÚNEL CON FINES CIVILES Y MINEROS - TÚNEL DE CONDUCCIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CHEVES"
 PLANO: MAPA GEOMECANICO TRAMO 1+050 - 1+200
 ASESOR: Mes.Ing. VICTOR TOLENTINO IPARRAGUIRE
 PRESENTADO POR: BACH. RICHARD EDUARDO ANGELES BAZAN
 FECHA: OCTUBRE DEL 2020
 ESC.: 1/340
06

Classification/rock type	DARK GREY /WACHE						BRECCIA								
Filling Material/alteration	BLACK CLAY/ CRUSHED ROCK														
Thickness(mm)	100-500	100-200	100-200		100-200		100-500	500-2000							
RQD/Jn	10-20/12	10/0-12	10/15-20		RRS		10-20/12	10/15							
Jn/Ja	05-1/8-12	1-15/8-12	0,5-1/8-12		1-1,5/8-12		0,5-1/8-12	0,5-1/8-12							
Jw/SRF	1/2,5	1/2,5	1/5		1/2,5		1/2,5	15							
Q - values/GSI	0.015-0.08	0.03-0.08	0.004-0.017		0.03-0.08		0.014-0.08	0.005-0.017							
Note	FAULT ZONE						BRECCIA								
MAPEO GEOMECANICO															
Pk	1+210	1+220	1+230	1+240	1+250	1+260	1+270	1+280	1+290	1+300	1+310	1+320	1+330	1+340	1+350
Exploratory - drilling															
Grouting															
SOSTENIMIENTO INICIAL															
PK	1+210	1+220	1+230	1+240	1+250	1+260	1+270	1+280	1+290	1+300	1+310	1+320	1+330	1+340	1+350
Shotcrete. Thickness (mm)	100mm		RRS	100mm	75mm			100mm			75	100	50 mm		
Rock bolts,Pattern	1.5x1.5		2x2	1.50x1.50			2.0x2.0m			1.50x1.50m		2.0x2.0 m7			
PERMANENT SUPPORT															
Pk	1+207	1+217	1+228	1+240			1+278	1+291	1+310						
Shotcrete,Crown, Thickness	RRS	3+WWF	RRS c/c2,5	RRS	S + WWF 75mm			RRS	c/c 2,5	RRS	c/c 1,5				
Shotcrete,Walls, Thickness	RRS				S + WWF 75mm										
Rock bolts,Crown	B 2,5X2X2	B 2,5X1,15	B 1,5X15	B 2X2	B 2,5X1,15			B 1,5X15	B 1,5X15						
Rock bolts, Walls	1 B 2,2	B 2,5X1,15	B 1,5X15	B 2X2	B 2,5X1,15			B 1,5X15	B 1,5X15						
	NO	NO	NO	SIC-250	NO			SIC=250mm	SIC=450mm						

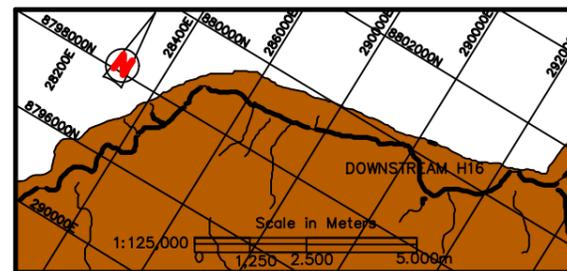
LEGEND

- + Dip direction/Dip,rock
- ⊥ Dip direction/Dip,discontinuities
- ▬ Seams/Filled joints
- ⌒ Discontinuities
- ▨ Weakness-/joint zone
- ⊗ Crushed-/clay zone

- ⊗ water seepage/leakage
- ⊗⊗ Are witch dense jointing
- Rock burst,Spalling
- qz - quartz
- cl - clay
- chl - chlorite
- ca - calcite
- sm - smectite
- sa - sand
- si - silt
- ru - rust
- mo - montmorillonite
- swc - swelling clay

Shotcrete thickness

- 50 mm - 5cm
- 75 mm - 7.5cm
- 100 mm - 10cm
- 150 mm - 15cm



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERIA, METALURGIA Y GEOGRAFICA-UNIDAD DE POSGRADO		
TEMA DE TESIS: "MODELO DE MONITOREO GEOLOGICO-GEOTECNICO MEDIANTE CONVERGENCIAS PARA DEFINIR EL SOSTENIMIENTO FINAL DE UN TUNEL CON FINES CIVILES Y MINEROS - TUNEL DE CONSTRUCCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA CREVEST"		
PLANO: MAPA GEOMECANICO TRAMO 1+200 - 1+350	PLANO: 07	
ASESOR: Mes. Ing. VICTOR TOLENTINO IPARRAGUIRE	PRESENTADO POR: BACH. RICHARD EDUARDO ANGELES BAZAN	FECHA: OCTUBRE DEL 2020
		ESC.: 1/355

STRUCTURAL INVERT CONCRET (cm)																
Classification / rock type	Andesita Fracturada	ANDESITE	Toba Andesitica Roca descompuesta calizada	ANDESITE												
Filling Material / alteration	Ca, Cl, Oxidos	Ca, Cl, Oxidos	Ca, Cl, Oxidos	Ca, Cl, Oxidos			Ca, Cl, Oxidos									
Thickness (mm)	5 - 20	100 - 500	150 - 4000	100 - 2000			1 - 10									
RQD / Jn	40/12- 50/9	20/15 - 30/12	10/20- 20/15	30/12 - 45/12			45/2- 65/9									
Jr / Ja	1/6- 1.5/4	1/6- 1/2.5	0.5/12- 1/8	1/6- 1.5/4			1/4- 1.5/3									
Jw / SRF	1/2.5 - 1/1	1/2.5- 1/2.5	1/10- 1/10	1/5 - 1/2.5			1/1- 1/1									
Q - value	0.2 - 2.1	0.08 - 0.4	0.002 - 0.02	0.04 - 0.6			0.9 - 3.6									
Note	0.3	VERY JOINED AND PARTLY CRUSHED STRONG ALTERATYON 0.08	FAULT FONE- EARTHLIKE CRUSHED AND DELOPOSED MATERIAL MODERATE TO HIGH SP ASEMUTUM. LG WERE SENT BEFORE INSTALLATION OF SIC LOWS STAND UP TIME	CRACKS IN SHOTCRETE LAYER +H2O LEACAGE (SMALL)	FAUL ZNE FILLING CHLORITE AND CRUSHED ROCK CLAY 0.08	CRUSHED ROCK ZONE MODERATE FRACTURING AND FILLING JOINTED SILLS CALCITE 0.15	0.6									
MAPEO GEOMECANICO																
Pk	2+100	2+110	2+120	2+130	2+140	2+150	2+160	2+170	2+180	2+190	2+200	2+210	2+220	2+230	2+240	2+250
Exploratory drilling																
Grouting																
SOSTENIMIENTO INICIAL																
Pk SFR As built (cm)	6	8	?	17	37	36	35	37	11	9	10	8-9	7			
Shotcrete Thickness (cm)	0.5								0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
Rock bolts Pattern (cm)	6-5 @ 1.5 x 1.5		6-5 @ 1.5 x 1.5			6-5 @ 1.5 x 1.5			WWF	WWF	5-4 @ 2x2	5-4 @ 2x2	5-4 @ 2x2	7-6 @ 1.5 x 1.5	6-5 @ 2x2	5-4 @ 2x2
ADDITIONAL SUPPORT																
Pk																
Shotcrete Crown Thickness (cm)	0.6	RRS C/C 2.0			RRS C/C 1.5	CONCRETE LINING NC-D-C-F-3000(HO4)			RRS C/C 2.0			10.0	6.0			
Shotcrete Walls Thickness (cm)	0.6	RRS C/C 2.0			RRS C/C 1.5	CONCRETE LINING NC-D-C-F-3000(HO4)			RRS C/C 2.0			10.0	6.0			
Rock bolts Crow(cm)	EXTEND EXISTING BOLTS TO 1m ABOVE															
Rock bolts Walls (cm)	THE INVERT															
STRUCTURAL INVERT CONCRET (cm)	25 ALT C		45	45	NONE			25 ALT C								

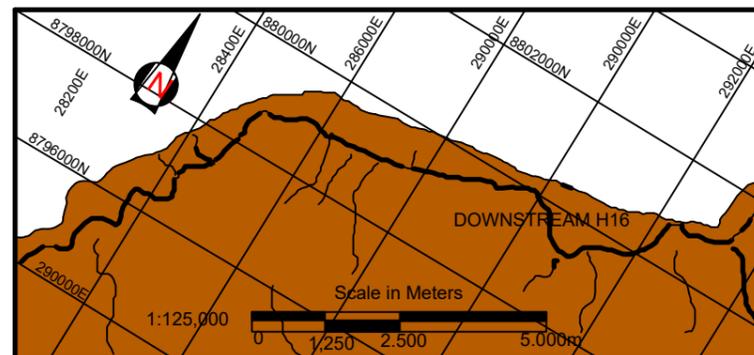
LEGEND

- Dip director / Dip rock
- Seams / Filled Joints
- Discontinuites
- Weakness joint zone
- Crushed- clay zone
- Q- Value For Support
- Water seepage / leakage
- Area with dense jointing Rock burst, spalling

- probe hole
- qz- quartz
- cl- clay
- chl - chlorite
- ca - calcite
- sm - smectite
- sp -swelling pressure
- sa - sand
- si - silt
- ru - rust
- mo - montmorillonite
- swc - swelling clay

Shotcrete thickness

- 50 mm - 5cm
- 75 mm - 7.5cm
- 100 mm - 10cm
- 150 mm - 15cm
- 250 mm - 25cm



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERIA, METALURGIA Y GEOGRAFICA-UNIDAD DE POSGRADO

TEMA DE TESIS: "MODELO DE MONITOREO GEOLOGICO-GIOTECNICO MEDIANTE CONVERGENCIAS PARA DEFINIR EL SOSTENIMIENTO FINAL DE UN TUNEL CON TENDAS C/ILES Y SOSTENIDOR- TUNEL DE CONDUCCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA CHEVUS"

PLANO: **PLANO GEOMECANICO TRAMO 2+100-2+250**

ASESOR: M+Ing. VICTOR TOLENTINO HARRAGUIRE

PRESENTADO POR: BACH. RICHARD EDUARDO ANGELES HAZAN

FECHA: OCTUBRE DEL 2020

ESC: 1:320

08

5.1.2 Sostenimiento Inicial

El sostenimiento inicial estuvo definido mediante clasificación geomecánica RMR Bienawski (1989), sin embargo en el proceso constructivo también se tuvo en cuenta la evaluación geomecánica mediante el sistema Q Bartoon (1974). Según valoración RMR la clasificación geomecánica estuvo dividida en 5 tipos de roca. En el sostenimiento inicial se utiliza desde pernos CT- bolts, concreto lanzado con diferentes espesores para cada tipo de roca considerando dos tipos de dosificaciones de concreto lanzado, en el caso de la roca tipo se utilizó concreto lanzado con fibra, en el caso de la roca tipo V se utilizó concreto lanzado con fibra en la capa inicial y sin fibra en la última capa o capa de revestimiento (Ver Anexo 03), hasta arcos reticulados para rocas de mala calidad. Ver perfil Plano 02 (Perfil longitudinal del proyecto hidroeléctrico Cheves).

5.1.3 Geomecánica de la Zona donde se Instaló las Estaciones de Monitoreo Geológico - Geotécnico.

El túnel de conducción presenta 9693 metros de longitud, en el proceso constructivo se dividió en cuatro frentes de excavación DR-04 y DR-05 de 4500 metros y el DR-08 y DR-09 de 5193 metros de longitud. Los problemas de diseño final y complejidad geológica se dieron en el tramo comprendido desde la progresiva 1+000 hasta la progresiva 2+200, tramos en los cuales se estableció colocar estaciones de monitoreo geológico- geotécnico mediante convergencias.

En el cuadro 4.2 se presenta el resumen de los valores RMR según evaluación geomecánica tomada en campo y el soporte inicial instalado, de los tramos 0+998 – 1+564 y tramo 2+140 – 2+425.

Tramo 0+951.00 – 1+006.40

Este tramo presenta un puntaje promedio RMR (Rock Mass Rating) de 54, calificado como roca tipo III. La roca es competente, pero en general está muy fracturada. Compuesta litológicamente de arenisca cuarzosa estratificada con capas de lutita negra, figura 5.10; en este tramo se evidencian zonas con filtraciones de agua. Desde la progresiva 0+960 hasta la progresiva 0+970 se evidencian pizarra negra con alto contenido de arcilla potencialmente expansiva. Entre la progresiva 0+985 hasta la progresiva 1+000, compuesta litológicamente de lutita con capas de carbón. (Ver figura 5.11). La roca es competente pero se presentan zonas sub verticales de roca triturada y arcilla negra, este tramo se encuentra seco. El mapeo geomecánico de este tramo se encuentra en el plano 05 (Plano Geomecánico Tramo 0+900 - 1+050).



Figura 5.10. Progresiva 0+951.20. Roca tipo II, avance del frente de 3.1 metros, buen autosostenimiento y alta resistencia a la compresión uniaxial como propiedades de la roca.



Figura 5.11. Progresiva 0+975.00. Clasificada como roca tipo III, moderado a buen autosostenimiento, se evidencia presencia de carbón en la parte superior de la cara del frente.

Tramo 1+006.40 – 1+010.20

Este tramo presenta un puntaje promedio RMR (Rock Mass Rating) de 37, calificado como roca tipo IV. Roca de moderada resistencia a la compresión uniaxial, presencia de diaclasas sub verticales con dirección de buzamiento de 135° y buzamiento de 65°, este tramo se presenta totalmente seco. El mapeo geomecánico de este tramo se encuentra en el plano 05 (Plano Geomecánico Tramo 0+900 - 1+050).



Figura 5.12. Progresiva 1+006.80. La clasificación geomecánica evidencia roca tipo IV, presencia de carbón, las fracturas en la roca se encuentran rellenas de arcilla, producto de la descomposición del carbón.

Tramo 1+010.20 – 1+017.40

Este tramo presenta un puntaje promedio RMR (Rock Mass Rating) de 47, calificado como roca tipo III.

Lentes de lutita con alto contenido de carbón, la roca es competente pero con zonas subverticales de roca triturada y capas de pizarra. Discontinuidades con dirección de buzamiento de 10° y 300°, buzamiento de 75°. Condiciones secas. Se observó agrietamiento en el concreto lanzado del sostenimiento inicial. El mapeo geomecánico de este tramo se encuentra en el plano 05 (Plano Geomecánico Tramo 0+900 - 1+050).



Figura 5.13. Progresiva 1+013.50. Tramo de roca tipo III, según evaluación geomecánica, la sección luego de la excavación es irregular, aun se notan presencia de fallas rellenas de arcilla, planos de discontinuidades sub verticales cortando perpendicularmente al eje del túnel.

Tramo 1+010.20 – 1+144.40

Este tramo presenta un puntaje promedio RMR (Rock Mass Rating) de 36, calificado como roca tipo IV.

Muy malas condiciones de la roca, presencia de fallas sub vertical de lutita intensamente cizallada y lentes de carbón. La orientación de las fallas es generalmente perpendicular a la alineación del túnel, las fallas presentan dirección de buzamiento 235° y buzamiento de 80° . La roca generalmente está triturada, y de muy baja resistencia. Condiciones secas. Este tramo en general ha sido excavado mecánicamente. Altos valores de convergencias como se muestra en el Anexo 01 (Registro y cálculo de convergencias antes del sostenimiento final). En el tramo 1+028 al 1+040 se evidencio grietas en el concreto lanzado de la pared derecha y pernos

adicionales instalados en la pared izquierda tomando referencia con dirección aguas abajo.

En el tramo 1+055 al 1+092, el macizo rocoso presenta condiciones de roca extremadamente malas. Zona de falla sub vertical con lutita laminada y negra intensamente cizallada y alto contenido de arcilla negra y gris, la falla presenta un dirección de buzamiento de 235° y buzamiento de 40°, figura 5.14. La orientación de la junta es generalmente perpendicular a la alineación del túnel. La roca generalmente está triturada y los fragmentos de resistencia extremadamente baja. Condiciones secas. Tramo con excavación mecánica. Altos valores de convergencias como se muestra en el Anexo 01 (Registro y cálculo de convergencias antes del sostenimiento final). Presencia de grietas menores en el concreto lanzado de la pared izquierda tomando referencia con dirección aguas abajo. Colapso del frente y sobreexcavación en bóveda al momento de la excavación en la progresiva 1+055, volumen colapsado de unos 75 m³ de la parte superior del frente.

Tramo 1+092.70 al 1+130, condiciones de roca de regular a mala. Zona de falla sub vertical con lutita laminada, zona intensamente cizallada, con lentes de arcilla negra. Las estructuras geológicas se encuentran generalmente perpendicular al eje del túnel, pero el buzamiento varía debido al micro plegado. Con dirección de buzamiento de 100° y buzamiento 80° y dirección de buzamiento 280° y buzamiento 75°. La roca presenta muy baja resistencia a la compresión uniaxial. Condiciones secas para este tramo. Respecto a los tramos anteriores la estabilidad de la sección mejora en los últimos 10 m de la sección. Tramo Excavado mecánicamente. Altos valores de convergencias como se muestra en el Anexo 01 (Registro y cálculo de convergencias antes del sostenimiento final). Se visualiza indicios de deformación del sostenimiento inicial debido a desprendimiento del concreto lanzado.

En el tramo 1+130 al 1+144 Arenisca finamente estratificada intercalada con pizarra laminada, con inclusiones de lentes de arcilla negra. Rocas en muy malas condiciones, intensamente cizalladas. Resistencia baja a muy baja, figura 5.15. Goteo de agua de algunas zonas de cizallamiento. La roca se ha vuelto demasiada dura para la excavación mecánica. Altos valores de convergencias como se muestra en el Anexo 01 (Registro y cálculo de convergencias antes del sostenimiento final).

Alto contenido de arcilla expansiva El mapeo geomecánico de este tramo se encuentra en el plano 05 (Plano Geomecánico Tramo 0+900 - 1+050) y plano 06 (Plano Geomecánico Tramo 1+050 - 1+200).

En la progresiva 1+130 se registra una convergencia de 13.24 mm, debido a que este tramo se encuentra con alta densidad de juntas, debido a que se encuentra cerca de la zona de cizalla que producto de la falla geológica entre el contacto geológico de la Formación Chimú y el Grupo Casma.



Figura 5.14. Progresiva 1+067.50. Tramo de roca tipo IV, presencia de carbón, avances menores a 1 metro.

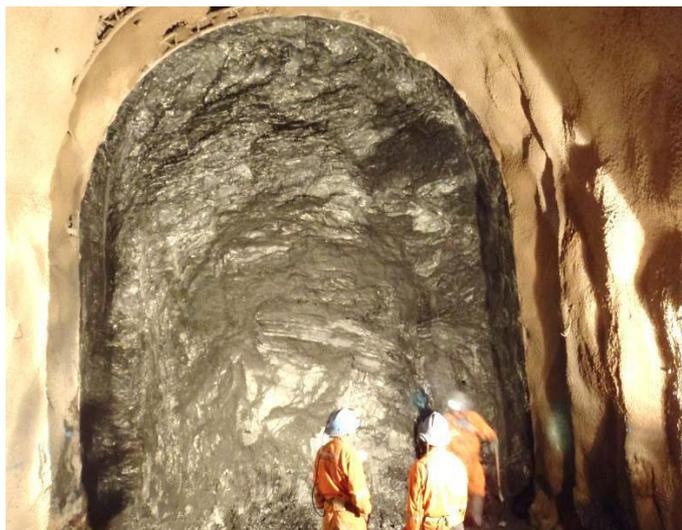


Figura 5.15. Progresiva 1+131.30. Tramo de roca tipo IV, presencia de carbón, avances menores a 1 metro

Tramo 1+144.40 – 1+352.90

Este tramo presenta un puntaje promedio RMR (Rock Mass Rating) de 53, calificado como roca tipo III.

Tramo 1+145 al 1+207, Arenisca de grano fino gris oscuro intercalada con capas finas de pizarra negra, los planos de roca se encuentran rellenas de arcilla. Roca de moderado fractura miento, figura 5.16. Goteo de agua de las zonas de corte. La longitud por avance es de 3 m. Potencialmente alto contenido de arcilla expansiva. El hormigón proyectado genero fisuras incluso después de haber colocado una segunda capa.

Tramo 1+228 – 1+313, el macizo rocos se encuentra con múltiples zonas de cizallamiento, que contienen arcilla negra y roca fracturada a muy fracturada. Esquisto negro con intercalación de arenisca. Las capas de arcilla y las zonas de alto fracturamiento presentan dirección de buzamiento de 35° - 40° y buzamiento 70° - 80°. Condiciones secas. La longitud de avance promedio es de 3.5 m.

En la progresiva 1+237 el concreto lanzado se daña por agrietamiento en pocas semanas. Altos valores de convergencias como se muestra en el Anexo 01 (Registro y cálculo de convergencias antes del sostenimiento final).

Tramo 1+313 – 1+319. La roca es lutita intercalada de roca sedimentaria de color gris clara. Capas de arcilla de potencial hinchamiento. Las capas de lutita presentan una dirección de buzamiento de 80° y buzamiento de 70°, mientras que la falla rellena de arcilla expansiva presenta una dirección de buzamiento de 05° y buzamiento de 36°. La resistencia a la compresión uniaxial de la roca es baja. La longitud de avance para este tramo fue de 2,5 m, figura 5.17. El hormigón proyectado se pulveriza hacia abajo para invertir. Fisura miento del hormigón proyectado en la pared derecha tomando referencia el sentido de excavación del túnel. La excavación fue en septiembre de 2012, pero las convergencias aún se están desarrollando en febrero de 2013, como muestra el Anexo 01 (Registro y cálculo de convergencias antes del sostenimiento final).

Tramo 1+319 – 1+324. Zona de transición. Roca sedimentaria gris claro. Roca medianamente fuerte. Moderadamente fracturado. Juntas rellenas de arcilla gris claro. Goteo en la bóveda del túnel.

Tramo 1+324 – 1+350 Brecha volcánica, cuarcita y toba. Roca medianamente fuerte. Moderadamente fracturado. Juntas rellenas de arcilla.

El mapeo geomecánico de estos tramos se encuentran en el plano 06 (Plano Geomecánico Tramo 1+50 – 1+200) y plano 07 (Plano Geomecánico Tramo 1+200 - 1+350).



Figura 5.16. Progresiva 1+170.20. Roca tipo III, presencia de carbón, la roca presenta leve meteorización.



Figura 5.17. Progresiva 1+316.00. Roca tipo III, se evidencia presencia de falla sub vertical, rellena de arcilla, producto de la descomposición de la roca ígnea.

Tramo 2+144.00 – 2+156.00.

Este tramo presenta un puntaje promedio RMR (Rock Mass Rating) de 56, calificado como roca tipo III.

El avance promedio hasta este tramo fue de 3.5 metros; se evidencia limos y óxidos en la cara del frente del túnel. Presencia de alta densidad de juntas, con dirección de buzamiento 240° y buzamiento 80° . Condiciones secas para este tramo, pero se evidencio presencia de óxidos, ver figura 5.18. El mapeo geomecánico de este tramo se encuentra en el plano 08 (Plano Geomecanico Tramo 2+100-2+250).



Figura 5.18. Progresiva 2+148.70. Roca tipo III, presencia de óxidos en bóveda y en la parte superior del frente de avance.

Tramo 2+156.00 – 2+182.20.

Este tramo presenta un puntaje promedio RMR (Rock Mass Rating) de 38, calificado como roca tipo IV.

Zona compuesta de falla geológica, la roca andesita se encuentra muy alterada, se evidencia zonas de arcilla expansiva y clorita alterada, la falla geológica presenta una dirección de buzamiento de 10° y buzamiento de 20° - 30° . La roca es de tan baja autoestabilidad que la excavación es mecánica, dejando un volumen de roca en la parte central baja del frente con el fin de autosostener el frente de avance y la bóveda, el avance promedio es de 0.9 metros, figura 5.19, 5.20 y 5.21. En la progresiva 2+168 se evidencia presencia de agua en la parte alta del frente de avance. El mapeo geomecánico de este tramo se encuentra en el plano 08 (Plano Geomecánico Tramo 2+100-2+250).



Figura 5.19. Progresiva 2+159.50. Roca tipo IV, se evidencia presencia de falla sub horizontal, con dirección de buzamiento de 10° y buzamiento de 25° .



Figura 5.20. Progresiva 2+166.60. Roca tipo IV, la excavación se sigue en la falla geológica compuesta de arcilla y material deleznable, los avances por excavación es menor a 1.2 metros.



Figura 5.21. Progresiva 2+168.20. Roca tipo IV, se evidencia presencia de agua en la parte superior de la cara del frente de avance.

Tramo 2+182.80 – 2+190.00.

Este tramo presenta un puntaje promedio RMR (Rock Mass Rating) de 57, calificado como roca tipo III.

Andesita de moderada a buena resistencia de compresión uniaxial, baja a modera alteración, las juntas se encuentran rellenas de cuarzo, presencia de óxidos en escasas cantidades. El mapeo geomecánico de este tramo se encuentra en el plano 08 (Plano Geomecánico Tramo 2+100-2+250).



Figura 5.22. Progresiva 2+182.90. Roca tipo III, la roca andesita presenta bajo grado de meteorización, se evidencia presencia de cuarzo relleno las fracturas.



Figura 5.23. Progresiva 2+189.60. Roca tipo III, avance en este tramo de 3 metros, la roca presenta alto a moderada resistencia a la compresión simple.

5.1.4 Fisuras en el Concreto Lanzado del Sostenimiento Inicial

La evidencia de fisuras en el concreto lanzado del sostenimiento inicial refleja la inestabilidad del sostenimiento del túnel de conducción, debido a ello se registró por progresiva la ubicación de las fisuras encontradas en el concreto lanzado del sostenimiento inicial del túnel de conducción. Esto se consiguió mediante el mapeo de las fisuras del concreto lanzado, como se muestra en los planos 10, 11, 12 y 13, luego se registró los datos en el cuadro 5.1.

Cuadro 5.1. Ubicación y valores de las fisuras en el concreto lanzado del sostenimiento inicial.

1149.5	23	X			3	-	-	-	-	-	-	-		
1151.0	24			X	4	-	-	-	-	-	-	-		
1338.0	1			X	-	-	0.5	-	-	-	-	-		
1345.0	2	X			-	-	0	-	-	-	-	-	Fecha: 02-03-2104: Fisura 2,9,10 con yeso.	
1351.0	3			X	-	-	1	-	-	-	-	-		
1354.5	4			X	-	-	1	-	-	-	-	-		
1356.0	5			X	-	-	1	-	-	-	-	-		
1360.0	6			X	-	-	1.5	-	-	-	-	-		
1365.5	7	X			-	-	1	-	-	-	-	-		
1378.0	8	X			-	-	1	-	-	-	-	-		
1385.5	9	X			-	-	0	-	-	-	-	-		
1388.0	10			X	-	-	0	-	-	-	-	-		
1401.3	11			X	-	-	-	0.5	-	-	-	-		
1404.5	12	X			-	-	-	1	-	-	-	-		
1431.0	13			X	-	-	-	0	-	-	-	-	Fecha 03-03-2014: Fisura 13 con yeso.	
1433.0	14	X			-	-	-	1	-	-	-	-		
1496.0	15			X	-	-	-	-	0.5	-	-	-		
1512.5	16			X	-	-	-	-	1	-	-	-		
1521.5	17			X	-	-	-	-	0.5	-	-	-		
1521.5	18	X			-	-	-	-	0.5	-	-	-		
1531.0	19			X	-	-	-	-	1	-	-	-		
1533.5	20			X	-	-	-	-	1	-	-	-		
1534.0	21			X	-	-	-	-	1	-	-	-	Fecha: 04-03-2014: Fisura 21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,34 con yeso.	
1534.5	22			X	-	-	-	-	0	-	-	-		
1537.0	23			X	-	-	-	-	2	-	-	-		
1540.0	24			X	-	-	-	-	0.5	-	-	-		
1542.5	25			X	-	-	-	-	2	-	-	-		
1543.0	26			X	-	-	-	-	1.5	-	-	-		
1544.3	27			X	-	-	-	-	0.5	-	-	-		

1544.3	27		X	-	-	-	-	0.5	-	-	-	
1548.2	28		X	-	-	-	-	1	-	-	-	
1552.0	29	X		-	-	-	-	0	-	-	-	
1551.0	30		X	-	-	-	-	0	-	-	-	
1553.0	31		X	-	-	-	-	1.5	-	-	-	
1554.0	32		X	-	-	-	-	1	-	-	-	
1559.5	33		X	-	-	-	-	1	-	-	-	
1561.0	34		X	-	-	-	-	0.5	-	-	-	
1563.0	35		X	-	-	-	-	1	-	-	-	
1564.0	36	X		-	-	-	-	0.5	-	-	-	
1571.0	37		X	-	-	-	-	-	1	-	-	
1583.4	38	X		-	-	-	-	-	1	-	-	
1583.4	39		X	-	-	-	-	-	1	-	-	
1586.4	40		X	-	-	-	-	-	4	-	-	
1655-1658	41		X	-	-	-	-	-	0.5	-	-	
1663.7	42		X	-	-	-	-	-	3	-	-	
1664.8	43		X	-	-	-	-	-	2	-	-	
1666.2	45		X	-	-	-	-	-	1.5	-	-	
1667.2	44		X	-	-	-	-	-	2	-	-	
1670.0	46		X	-	-	-	-	-	1	-	-	
1674.0	47		X	-	-	-	-	-	1.5	-	-	
1698.0	48		X	-	-	-	-	-	1.5	-	-	
1699.0	49		X	-	-	-	-	-	1.5	-	-	
1703.9	50		X	-	-	-	-	-	0.5	-	-	
1710-1715	51		X	-	-	-	-	-	4	-	-	
1714.0	52		X	-	-	-	-	-	4	-	-	
1715.0	53	X		-	-	-	-	-	2.5	-	-	
1717.5	54		X	-	-	-	-	-	1	-	-	
1718.0	55		X	-	-	-	-	-	1.5	-	-	

2126.0	6A	X			-	0	-	-	-	-	-	-	
2128.5	7A	X			-	0	-	-	-	-	-	-	
2182.0	16	X			-	-	1	-	-	-	-	-	
2182.0	16A			X	-	-	1	-	-	-	-	-	
2183.0	15	X			-	-	0.5	-	-	-	-	-	
2183.0	17A			X	-	-	1	-	-	-	-	-	
2184.0	18A			X	-	-	1	-	-	-	-	-	
2185.0	14			X	-	-	0.5	-	-	-	-	-	
2186.0	13	X			-	-	1.5	-	-	-	-	-	
2188.0	19A	X			-	-	0.5	-	-	-	-	-	
2190.0	22A			X	-	-	1	-	-	-	-	-	
2190.0	23A	X			-	-	0.5	-	-	-	-	-	
2190.5	12			X	-	-	0.5	-	-	-	-	-	
2192.0	11			X	-	-	0.5	-	-	-	-	-	
2193.0	10	X			-	-	1	-	-	-	-	-	
2194.0	21A			X	-	-	1	-	-	-	-	-	
2195.0	9			X	-	-	1	-	-	-	-	-	
2195-2196.6	8	X			-	-	0.5	-	-	-	-	-	
2198.0	19A	X			-	-	1	-	-	-	-	-	
2198.2	7			X	-	-	0.5	-	-	-	-	-	
2200.0	6			X	-	-	0.5	-	-	-	-	-	
2201.5	5			X	-	-	0.5	-	-	-	-	-	
2204.5	4	X			-	-	1	-	-	-	-	-	
2203.0	20A			X	-	-	1	-	-	-	-	-	
2211.0	3			X	-	-	0.5	-	-	-	-	-	
2213.0	2			X	-	-	1	-	-	-	-	-	
2214.0	24A	X			-	-	1	-	-	-	-	-	
2220.0	1			X	-	-	1.5	-	-	-	-	-	



Figura 5.24. Progresiva 1+031.5. Se evidencia fisura vertical en el concreto lanzado.



Figura 5.25. Progresiva 1+037. Se evidencia fisura vertical en el concreto lanzado.



Figura 5.26. Progresiva 1+107. Se evidencia fisura vertical en el concreto lanzado.



Figura 5.27. Progresiva 1+105. Se evidencia fisura vertical en el concreto lanzado.

5.1.5 Estaciones de Monitoreo Geológico – Geotécnico

Luego de instalar el sostenimiento inicial se instalaron estaciones de monitoreo geológico – geotécnico en zonas donde se evidencio indicios de inestabilidad del sostenimiento inicial, reflejados en fisuras y desprendimientos del concreto lanzado. En total se instalaron 108 estaciones de monitoreo geológico – geotécnico. Una estación de monitoreo geológico – geotécnico consta de 3 hitos en la sección del túnel, 1 hito se ubica en la parte central de la bóveda y 1 hito en la parte intermedia del hastial izquierdo y otro en la parte intermedia del hastial derecho.

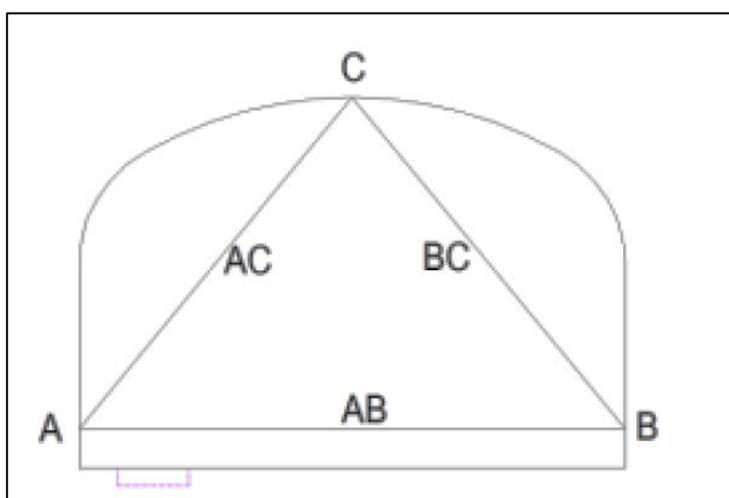


Figura 5.28. Ubicación de los hitos para medida de convergencias en una estación de monitoreo geotécnico.

Fuente: Propia.

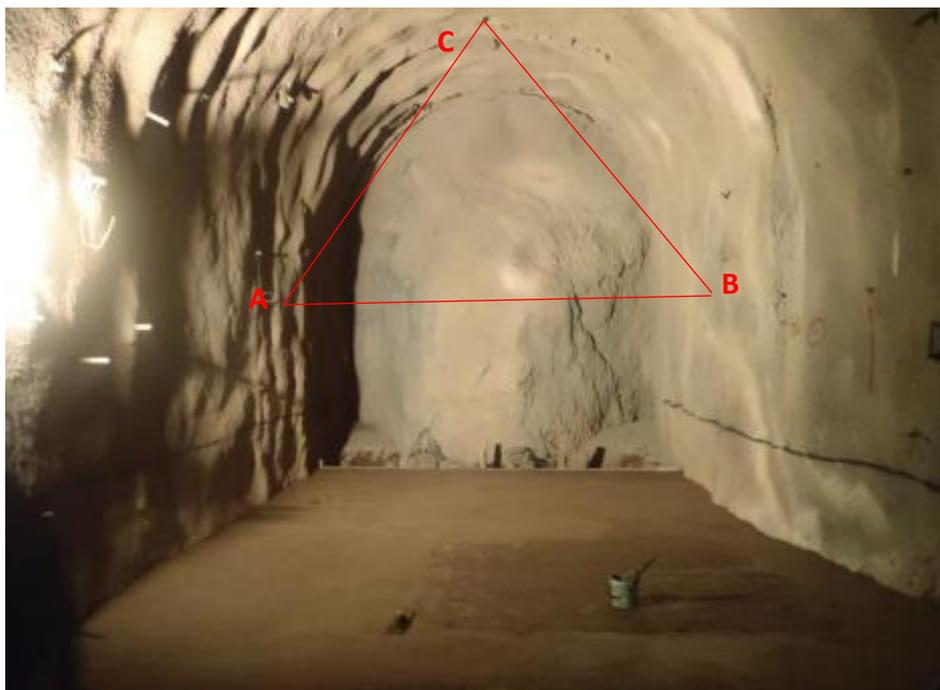


Figura 5.29. Ubicación de los hitos; la línea roja indica la medida a realizar con la huincha extensométrica; en la foto se muestra la progresiva 1+055.00 del túnel de conducción, el frente de avance tiene una dirección hacia aguas abajo. Fuente: Propia.

La medida de los hitos se realizó mediante huincha extensométrica, para el registro de las medidas de convergencias se tuvo en cuenta la fecha de instalación de los hitos y la distancia al frente de avance al momento de realizar la lectura de las convergencias.

Para los datos tomados en campo se consideró únicamente la medida de los hastiales, hito "A" y el hito "B", longitud A-B en milímetros (Ver figura 5.29), las medidas se realizaron una vez por semana dependiendo de si los valores medidos eran altos o bajos. Luego se plasmaron en los dos gráficos constituidos de la siguiente manera:

- En el eje de las ordenadas se grafica las Convergencias (milímetros), y en el eje de las abscisas se grafica la distancia al frente de avance (metros). (Ver anexo 01).

- En el eje de las ordenadas se grafica las Convergencias (milímetros), y en el eje de las abscisas se grafica el Tiempo (días). (Ver anexo 01).

Luego de instalar el sostenimiento inicial, las lecturas de convergencias fueron altas en 49 estaciones de monitoreo, como muestra el cuadro 4.1.

5.1.6 Sostenimiento Final del Túnel de Conducción

De las 108 estaciones de monitoreo geológico- geotécnico, en 49 estaciones se registraron valores altos de convergencias con diferencias acumuladas mayores a 10 milímetros, debido a ello se ve por conveniente instalar y reforzar con sostenimiento complejo, consistente en concreto armado entre los hastiales y la bóveda del túnel de conducción, este sostenimiento es denominado “concrete lining”. (Ver planos 9-A y 9-B). El diseño de mezcla del concreto se indica en el Anexo 04.

Tramo 1+015 – 1+325

Concreto armado instalado como sostenimiento final.



Figura 5.30. Tramo 1+020 – 1+025. Ejecución del invert o concreto armado en el piso como

parte del sostenimiento final denominado concrete lining.

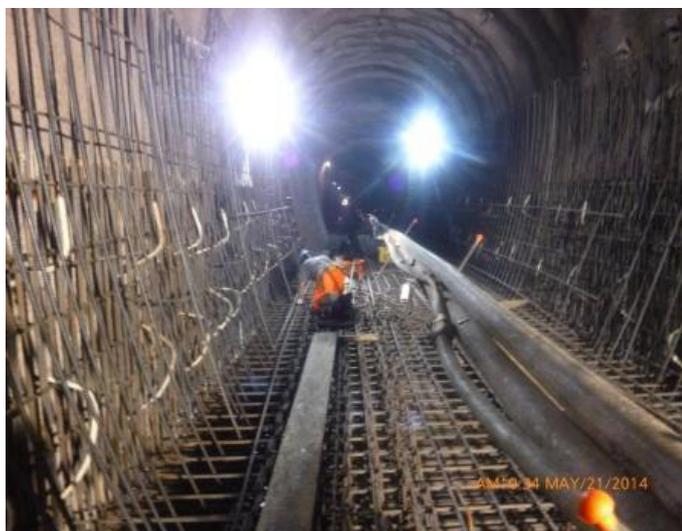


Figura 5.31. Tramo 1+102 – 1+107. Ejecución del invert o concreto armado en el piso como parte del sostenimiento final denominado concrete lining.



Figura 5.32. Tramo 1+190 – 1+200. Ejecución del invert o concreto armado en el piso como parte del sostenimiento final denominado concrete lining.



Figura 5.33. Tramo 1+150 – 1+160. Ejecución del sostenimiento final denominado concrete lining.



Figura 5.34. Tramo 1+150 – 1+160. Ejecución del sostenimiento final denominado concrete lining.

Tramo 2+130 – 2+179

Concreto armado instalado como sostenimiento final.



Figura 5.35. Tramo 2+145 – 2+165. Ejecución del sostenimiento final denominado concrete lining.

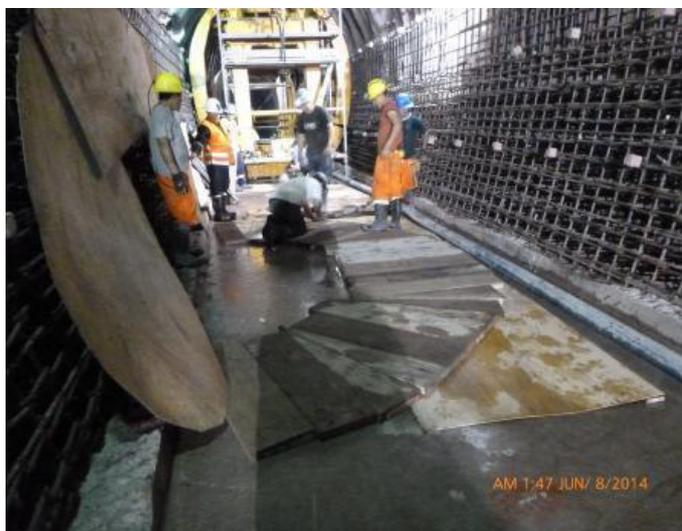


Figura 5.36. Tramo 2+145 – 2+165. Ejecución del sostenimiento final denominado concrete lining.



Figura 5.37. Tramo 2+145 – 2+165. Ejecución del sostenimiento final denominado concrete lining.



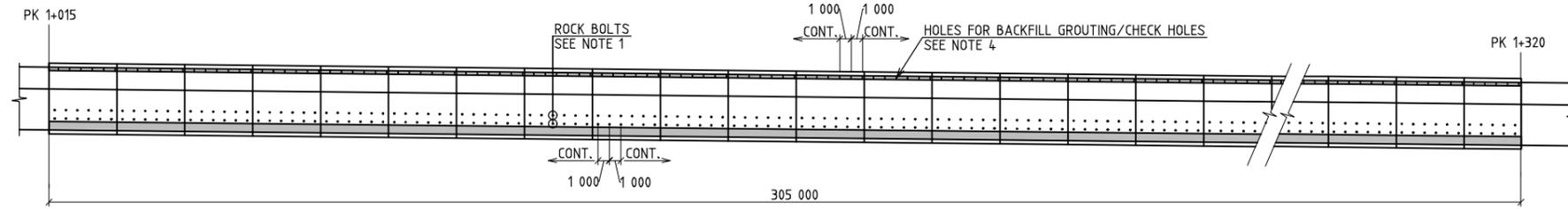
Figura 5.38. Tramo 2+145 – 2+165. Ejecución del sostenimiento final denominado concrete lining.

Luego de haber instalado el sostenimiento pesado entre los tramos 1+015 – 1+325 y tramo 2+130 – 2+179, se instaló 09 estaciones de monitoreo geológico- geotécnico, realizando las lecturas y posterior graficas teniendo como resultado la estabilidad de

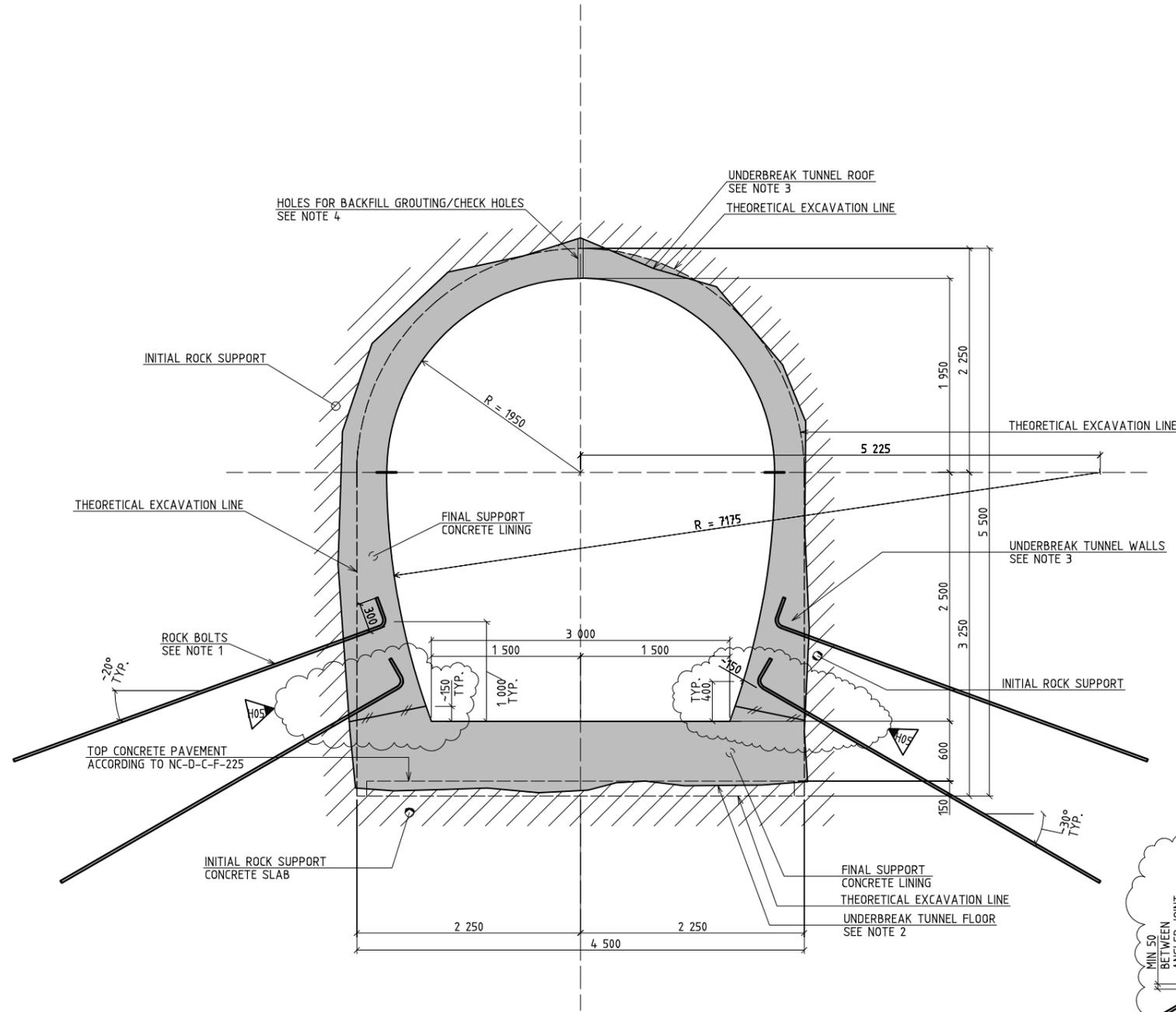
las convergencias en dichos tramos con valores de diferencia acumulada de 0.00. (Ver anexo 02). El resumen de las convergencias posterior al sostenimiento final se presenta en el cuadro 5.2.

Cuadro 5.2. Resumen de las medidas de convergencias posterior al sostenimiento final del túnel de conducción.

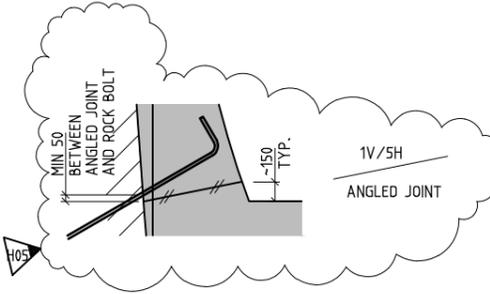
Progresiva Estación	Fecha de instalación			Primera Medición		Última Medición		ab	V (mm/día)	Estatus	Observaciones Note: e: Estable; i: Inestable; t: tendencia estabilizar.
	Sostenimiento Inicial	Sostenimiento Final	Estaciones de Monitoreo	Fecha	Lectura	Fecha	Lectura				
1+030.00	16/02/2012	29/09/2014	15/10/2014	16/10/2014	3885.10	25/10/2014	3885.10	0.00	0.00	e	Estable
1+080.00	25/05/2012	29/09/2014	15/10/2014	16/10/2014	3884.45	25/10/2014	3884.45	0.00	0.00	e	Estable
1+121.00	11/07/2012	29/09/2014	15/10/2014	16/10/2014	3885.20	25/10/2014	3885.20	0.00	0.00	e	Estable
1+232.00	28/08/2012	29/09/2014	15/10/2014	16/10/2014	3884.15	25/10/2014	3884.15	0.00	0.00	e	Estable
1+312.00	14/09/2012	29/09/2014	15/10/2014	16/10/2014	3885.20	25/10/2014	3885.20	0.00	0.00	e	Estable
2+145.00	7/11/2013	22/07/2014	15/10/2014	16/10/2014	3885.10	26/10/2014	3885.10	0.00	0.00	e	Estable
2+150.00	7/11/2013	22/07/2014	15/10/2014	16/10/2014	3884.50	26/10/2014	3884.50	0.00	0.00	e	Estable
2+153.00	7/11/2013	22/07/2014	15/10/2014	16/10/2014	3885.25	26/10/2014	3885.25	0.00	0.00	e	Estable
2+165.00	14/11/2013	22/07/2014	15/10/2014	16/10/2014	3884.50	26/10/2014	3884.50	0.00	0.00	e	Estable



LONGITUDINAL SECTION
1:250



TYPICAL CROSS SECTION
1:25

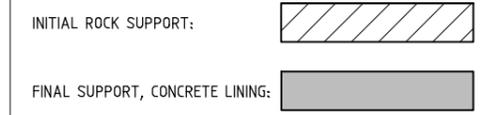


TYPICAL CASTING JOINT
1:25

NOTES:

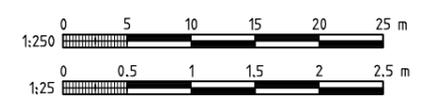
- ROCK BOLTS
- DIMENSION: $\phi 25$
- CENTRE DISTANCE IN LONGITUDINAL DIRECTION: C-C 1000mm
- YELD POINT STRENGTH: MIN. 500N/mm²
- LENGTH IN ROCK: MINIMUM 3m
 - "UNDERBREAK" TUNNEL FLOOR:
MAXIMUM ACCEPTABLE "UNDERBREAK" INSIDE THE THEORETICAL EXCAVATION LINE IS 400mm.
 - "UNDERBREAK" TUNNEL ROOF AND WALLS:
MAXIMUM ACCEPTABLE "UNDERBREAK" INSIDE THE THEORETICAL EXCAVATION LINE IS 150mm OVER A LENGTH OF MAXIMUM 1.5m.
 - BACKFILL GROUTING/CHECK HOLES
HOLES FOR BACKFILL GROUTING SHALL BE DRILLED IN THE TOP OF THE TUNNEL ROOF EVERY 1m TO ENSURE CONTACT BETWEEN THE INITIAL ROCK SUPPORT AND THE CONCRETE LINING.
- EACH HOLE SHALL BE GROUTED UNTIL THE GROUT IS POURING OUT OF THE NEIGHBOURING HOLE, OR THE GROUTING PRESSURE HAS REACHED 2 BAR.
- THE PROCEDURE SHALL CONTINUE WITH THE NEIGHBOURING HOLE
- CONCRETE CLASS D
 - FORMWORK CLASS B
 - FINISHING OF UNIFORMED SURFACES: CLASS UB

LEGEND:



REFERENCES:

- REINFORCEMENT DRAWING: NC-D-C-F-600
- SETTING OUT AND EXCAVATION HEADRACE TUNNEL: NC-D-C-F-075
- CONCRETE PAVEMENT HEADRACE TUNNEL: NC-D-C-F-225



FINAL WORK DRAWING

Revisión	Date	Description	Prepared	DIC	Approved
H05	2014-05-20	CASTING JOINT CHANGED	DSal	DSal	ALo
H04	2013-11-12	INCREASED LENGTH TO PK 1+320	SNNAR	MDW	HR
H03	2013-10-24	INCREASED WIDTH TO 3M	SNNAR	GHa	HR
H02	2013-10-16	ISSUED FOR CONSTRUCTION	SNNAR	GHa	HR
C01	2013-09-04	ISSUED FOR IDC	MDW	VAR.	ALo

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERIA, METALURGIA Y GEOGRAFICA-UNIDAD DE POSGRADO

TEMA DE TESIS: "MODELO DE MONITOREO GEOLOGICO-GEOTECNICO MEDIANTE CONVERGENCIAS PARA DEFINIR EL SOSTENIMIENTO FINAL DE UN TUNEL CON FINES CIVILES Y MINERO- TUNEL DE CONDUCCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA CHIVAY"

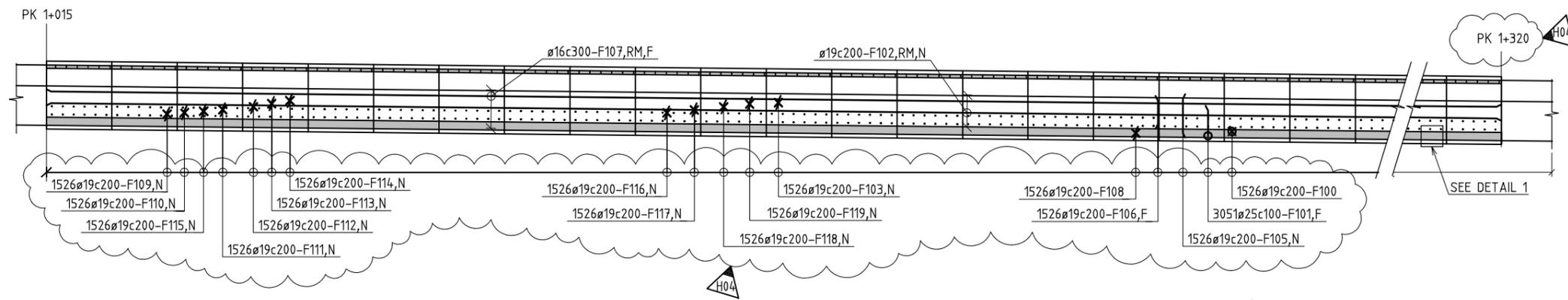
PLANO: **SOSTENIMIENTO FINAL** PLANO: **09-A**

ASESOR: Msc. Ing. VICTOR TOLENTINO IPARRAGUIRE

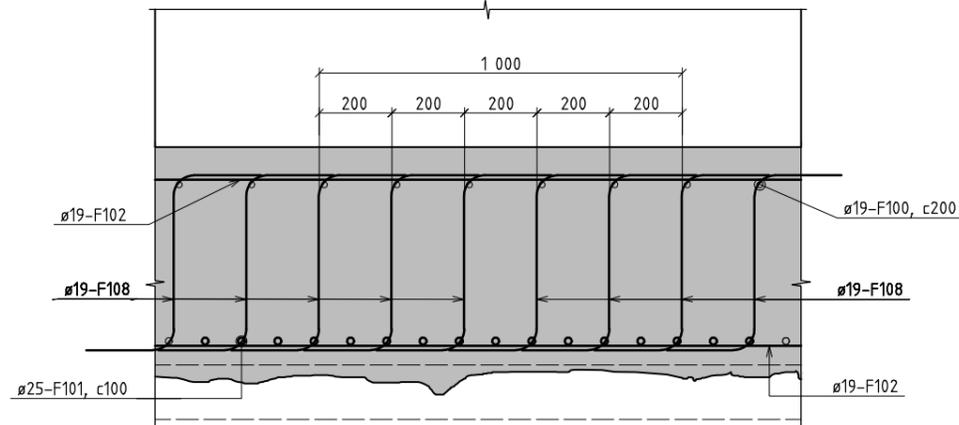
PRESENTADO POR: BACH. RICHARD EDUARDO ANGELES BAZAN

FECHA: 09/11/2014

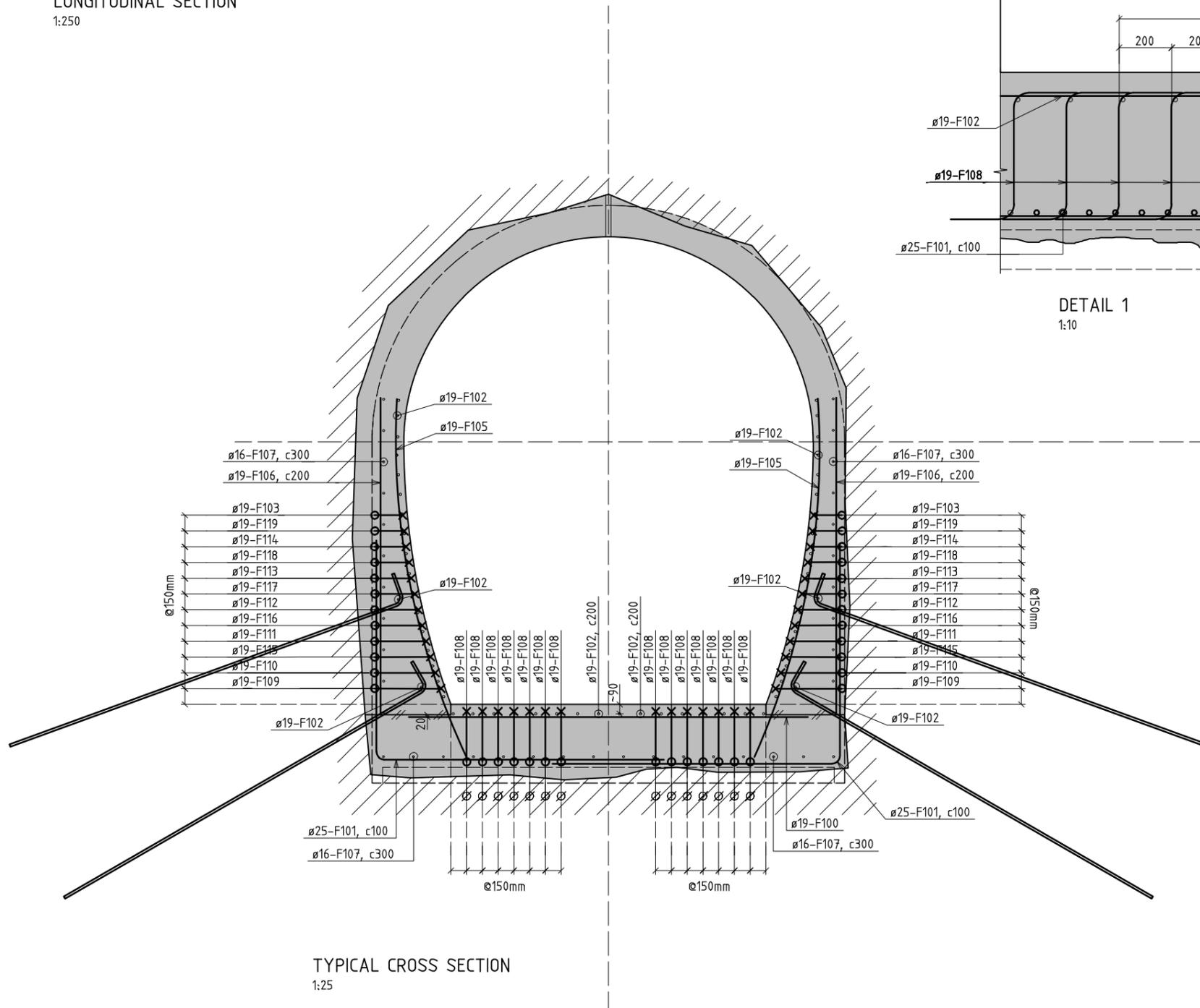
ESC.: 1:25, 1:250



LONGITUDINAL SECTION
1:250



DETAIL 1
1:10



TYPICAL CROSS SECTION
1:25

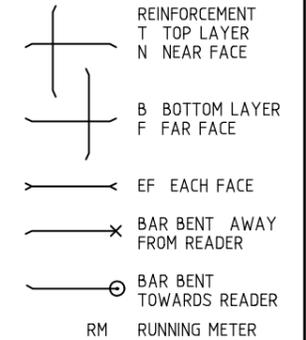
NOTES:

REINFORCEMENT:
RIBBED BARS
STEEL QUALITY:
 $f_y \geq 420 \text{ N/mm}^2$

ANCHORAGE LENGTH IF
OTHERWISE
NOT GIVEN:

- ø8 - 320mm
- ø10 - 400mm
- ø12 - 480mm
- ø16 - 640mm
- ø19 - 760mm
- ø25 - 1000mm

LEGEND:



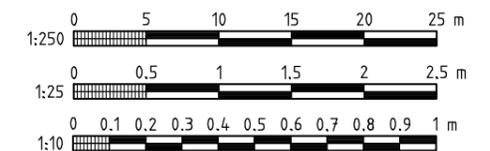
CONCRETE COVER IF OTHERWISE NOT GIVEN: 50 mm

TOLERANCE: + 5mm

PROTRUDING BARS SHALL BE HSE-SECURED

NOTES:

1. BAR BENDING SCHEDULE: PAGE F10 AND F11
2. FORMWORK DRAWING: NC-D-C-F-300



FINAL WORK DRAWING

H04	2013-11-12	INCREASED LENGTH TO PK 1+320	SNNAP	MDW	ALo
H03	2013-10-24	INCREASED WIDTH OF BOTTOM SLAB	SNNAP	GHa	ALo
H02	2013-10-16	ISSUED FOR CONSTRUCTION	SNNAP	GHa	ALo
C01	2013-09-04	ISSUED FOR IDC	MDW	GHa	ALo
Revision	Date	Description	Prepared	DIC	Approved

This document has been prepared by Norconsult AS as part of the assignment stated below. Intellectual property rights belong to Norconsult AS. The document may only be used for the purpose stated in the contract between Norconsult AS and the client, and may not be copied or made available by other means or to a greater extent than the intended purpose requires.

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERIA, METALURGIA Y GEOGRAFICA-UNIDAD DE POSGRADO</p>	
<p>TEMA DE TESIS: "MODELO DE MONITOREO GEOLOGICO-GOTIFUNCIO MEDIANTE CONVERGENCIAS PARA DEFINIR EL SOSTENIMIENTO FINAL DE UN TUNEL CON FUNDOS CIVILES Y MINOROS- TUNEL DE CONDUCCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA CHEVES"</p>	
<p>PLANO: SOSTENIMIENTO FINAL</p>	<p>PLANO: 09-B</p>
<p>ASESOR: Mcs.Ing. VICTOR TOLENTINO IPARRAGURE</p>	<p>FECHA: OCTUBRE DEL 2020</p>
<p>PRESENTADO POR: BACH. RICHARD EDUARDO ANGELES HAZAN</p>	<p>ESC.: 1:10, 1:25, 1:250</p>

5.2 Interpretación y Discusión de Resultados

He analizado la descripción del eje del túnel realizado por la empresa Statkraft Perú, y el suscrito coincide con la misma, la que se ve en el Plano 02 (Perfil longitudinal del proyecto hidroeléctrico Cheves), y la columna estratigráfica (Figura 5.1), como también se ve en la figura 5.1, 5.2 y 5.3 la cual indica la geología en 3 dimensiones. Así como también se verifica en el extenso de la siguiente descripción.

5.2.1 Cantidad de Estaciones Instaladas en el Túnel de Conducción.

Los resultados obtenidos muestran coherencia con lo propuesto desde el planteamiento del problema, los objetivos y la hipótesis, observándose que la estabilidad del túnel de conducción fue el resultado del monitoreo geológico – geotécnico aplicado mediante las lecturas de convergencias. Siendo así que el sostenimiento inicial fue definido mediante la evaluación geomecánica considerándose un sostenimiento temporal; mientras que las lecturas de convergencias plasmaron inestabilidad en algunos tramos, sobre todo en aquellos donde la falla geológica fue producto del contacto entre la Formación Chimú y el Grupo Casma, que luego fue afectado con más intensidad por el intrusivo Churín; para el caso del proyecto Cheves la roca ígnea encontrada en la excavación del túnel de conducción fue denominado como intrusivo Churín. Todo el proceso geológico afectó considerablemente el túnel de conducción, debido a ello se recomendó reforzar e instalar sostenimiento final o definitivo, conformado por concreto armado denominado “concrete lining”. (Ver planos 9-A y 9-B).

El número de estaciones de monitoreo geológico – geotécnico, fue decisivo para realizar un mejor monitoreo a los tramos inestables, ello debido a que se delimitó con precisión el aumento de deformaciones en el sostenimiento inicial para luego tener que reforzar con

sostenimiento final, implicando menos costos en el reforzamiento del sostenimiento. La figura 5.39 muestra el número de estaciones de monitoreo geológico – geotécnico instaladas en el sostenimiento inicial, en relación con el túnel de conducción. Al mismo tiempo la figura 5.39 y el cuadro 6.3 muestra la longitud que ocupa el tramo donde se instalaron las estaciones de monitoreo geológico – geotécnico respecto a la longitud total del túnel de conducción, y el grafico 02 muestra el porcentaje que existe entre la longitud que ocupa el tramo donde se instalaron las estaciones de monitoreo geológico – geotécnico y la longitud total del túnel de conducción:

Cuadro 5.3. Longitud total del túnel de conducción y la longitud del tramo ocupado por las estaciones de monitoreo geotécnico.

Túnel de Conducción	9693 metros
Longitud del tramo ocupado por las estaciones de monitoreo	1179 metros

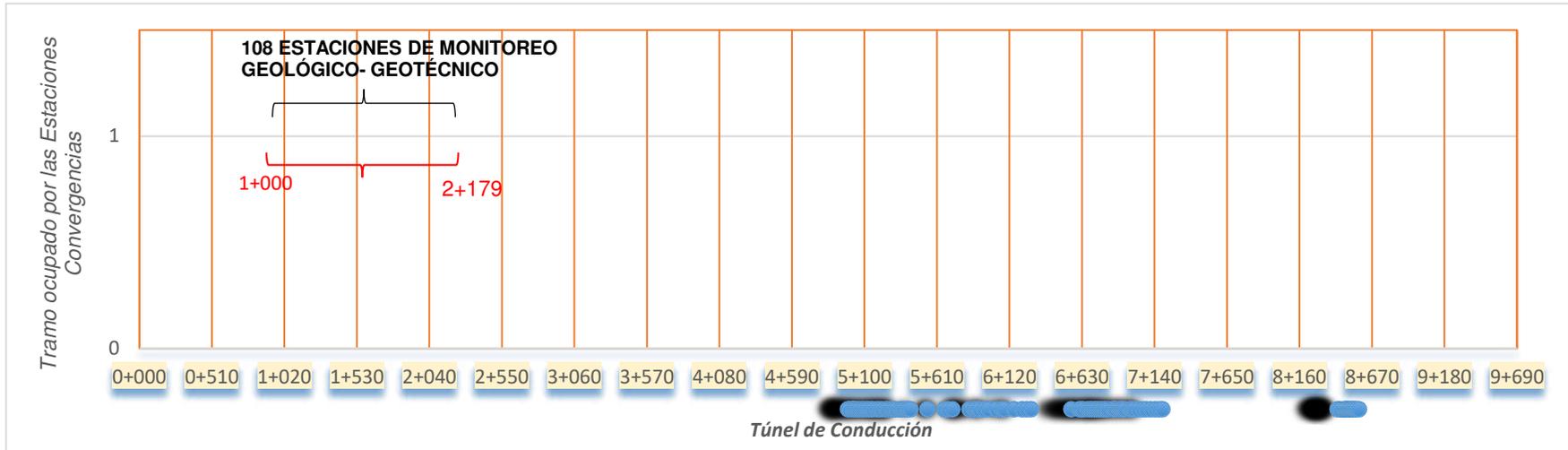


Figura 5.39. Número de estaciones de monitoreo geológico geotécnico en el túnel de conducción.

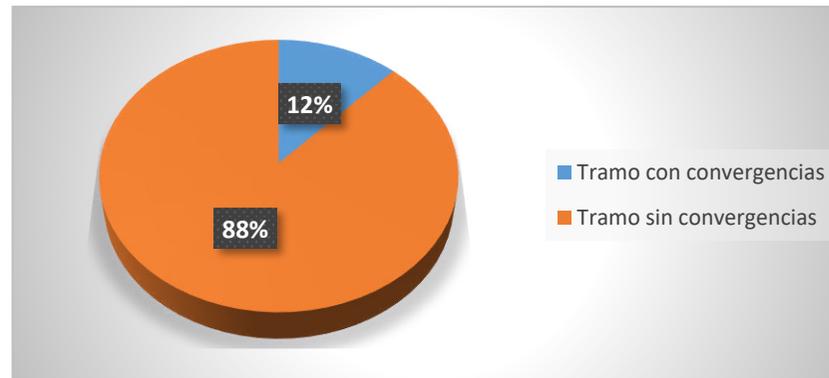


Gráfico 5.1. Porcentaje del tramo del túnel de conducción ocupado por convergencias.

La figura 5.40 muestra la longitud que ocupa el tramo donde se instalaron las estaciones de monitoreo geotécnico respecto a los 2343 primeros metros de longitud del túnel de conducción, y el grafico 6.1 muestra el porcentaje que existe entre la longitud que ocupa el tramo donde se instalaron las estaciones de monitoreo geotécnico y los 2343 primeros metros del túnel de conducción. Se toma los 2343 primeros metros del túnel de conducción ya que el frente de avance respecto al cual se tuvo en cuenta para los cuadros de convergencias, es el mismo frente de avance con el cual se excavó los 2343 metros de túnel de conducción; ese frente de avance es denominado DR-04.

Cuadro 5.4. Primeros 2343 metros de longitud del túnel de conducción y tramo ocupado por las estaciones de monitoreo geológico - geotécnico.

Primeros metros del Túnel de Conducción	2343 metros
Tramo ocupado por estaciones de monitoreo	1179 metros

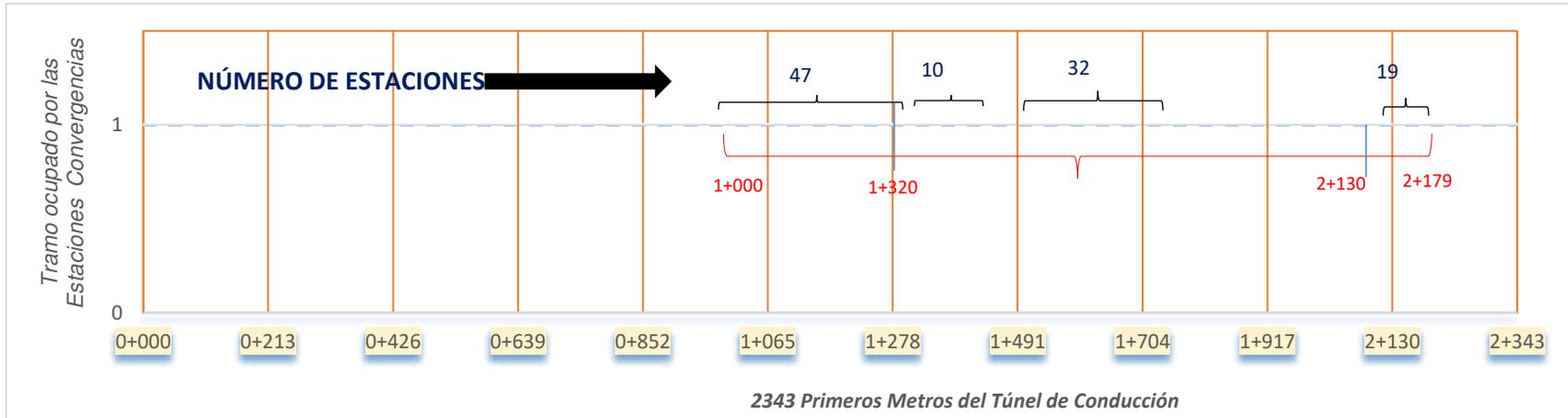


Figura 5.40. Número de estaciones de monitoreo geológico geotécnico en los 2343 primeros metros del túnel de conducción.



Gráfico 5.2. Porcentaje del tramo del túnel de conducción ocupado por convergencias en los 2343 primeros metros.

Con la información obtenida podemos definir que las estaciones de monitoreo geológico-geotécnico se encuentran entre las progresivas 1+000 -2+179; en donde se observa que el mayor número de las estaciones de monitoreo geológico-geotécnico se encuentran entre los tramos 1+015 - 1+320 y tramo 2+144 - 2+185, en los cuales se recomendó y se instaló el sostenimiento final.

5.2.2 *Cuantificación de la Deformación del Sostenimiento Inicial Instalado.*

La cuantificación de la deformación del sostenimiento instalado, se plasma en la diferencia acumulada la cual mide el hito A y el hito B instalados en los hastiales de una sección del túnel de conducción. Considerando la información de las gráficas y cálculos de convergencias (Ver anexo 01), y del cuadro de resumen, cuadro 4.1, se realizó el procesamiento identificando, que 49 estaciones de monitoreo geológico – geotécnico poseen valores con diferencia acumulada mayor a 10 milímetros, generando el cuadro 6.5, y el porcentaje se muestra en el grafico 6.3. Y que los tramos con mayor diferencia acumulada promedio antes de instalar el sostenimiento final, se encuentran entre las progresivas 1+000 - 1+325 y el tramo 2+130 – 2+179, resumido en el cuadro 6.6. La gráfica 6.4 muestra lo plasmado en el cuadro 6.6.

Cuadro 5.5. Diferencia acumulada promedio de las estaciones de monitoreo geológico – geotécnico.

Cuadro 5.5.

DIFERENCIA ACUMULADA PROMEDIO DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO														
Progresiva Estación	Fecha de instalación			Primera Medición		Última Medición		Distancia Frente m	ab			V (mm/día)	e: estable, i: inestable, t:tendencia a estabilizar	DIFERENCIA ACUMULADA PROMEDIO
	Sostenimiento Inicial	Sostenimiento Final	Estaciones de Monitoreo	Fecha	Lectura	Fecha	Lectura		ab	ab	ab			
									Acum Inicial	Acum Final	Dif Acum			
1+000.00	04/02/2012	-	07/03/2012	08/03/2012	4839,31	25/10/2012	4822,56	438.50	0.00	16.75	16.75	0.03	i	17.11
1+005.00	05/02/2012	-	07/03/2012	08/03/2012	5020,73	25/10/2012	5003,52	426.00	0.00	17.21	17.21	0.00	i	
1+010.00	06/02/2012	-	07/03/2012	08/03/2012	4912,98	25/10/2012	4896,62	421.00	0.00	16.33	16.33	-0.01	i	
1+015.00	13/02/2012	29/09/2014	07/03/2012	08/03/2012	4290,64	07/11/2012	4275,46	117.80	0.00	15.18	15.18	0.00	i	
1+020.00	14/02/2012	29/09/2014	07/03/2012	08/03/2012	4350,42	25/10/2012	4335,69	231.00	0.00	14.73	14.73	0.00	i	
1+025.00	16/02/2012	29/09/2014	07/03/2012	08/03/2012	4323,63	07/11/2012	4305,71	457.40	0.00	17.93	17.93	0.00	i	
1+030.00	16/02/2012	29/09/2014	07/03/2012	08/03/2012	4169,41	25/10/2012	4149,62	401.00	0.00	19.79	19.79	0.00	i	
1+035.00	20/02/2012	29/09/2014	19/03/2012	27/03/2012	4337,98	07/11/2012	4320,44	447.40	0.00	17.54	17.54	0.00	i	
1+040.00	07/03/2012	29/09/2014	19/03/2012	27/03/2012	4280,26	25/10/2012	4259,36	391.00	0.00	20.90	20.90	0.00	i	
1+045.00	13/03/2012	29/09/2014	24/03/2012	27/03/2012	4854,46	07/11/2012	4834,31	437.40	0.00	19.73	19.73	0.00	i	
1+050.00	19/03/2012	29/09/2014	14/05/2012	16/05/2012	3992,81	07/11/2012	3981,96	432.40	0.00	10.85	10.85	0.00	i	
1+055.00	23/03/2012	29/09/2014	15/05/2012	16/05/2012	4124,46	09/05/2013	4110,40	676.40	0.00	13.25	13.25	0.00	i	
1+060.00	05/05/2012	29/09/2014	15/05/2012	16/05/2012	4775,10	09/05/2013	4763,35	358.00	0.00	17.89	17.89	0.00	i	
1+067.00	13/05/2012	29/09/2014	29/05/2012	30/05/2012	4545,63	07/07/2013	4523,75	743.70	0.00	20.32	20.32	0.09	i	
1+073.00	20/05/2012	29/09/2014	29/05/2012	30/05/2012	4590,00	21/06/2013	4566,33	711.80	0.00	20.63	20.63	-0.12	i	
1+080.00	25/05/2012	29/09/2014	03/06/2012	04/06/2012	4530,20	01/09/2013	4498,10	840.90	0.00	33.98	33.98	0.00	i	
1+087.00	30/05/2012	29/09/2014	07/06/2012	08/06/2012	4491,75	09/05/2013	4466,57	644.40	0.00	22.57	22.57	-0.01	i	
1+091.00	02/06/2012	29/09/2014	07/06/2012	13/06/2012	4729,91	09/02/2013	4696,01	533.50	0.00	31.20	31.20	0.00	i	
1+102.50	27/06/2012	29/09/2014	07/07/2012	06/07/2012	5431,43	25/08/2013	5376,84	802.30	0.00	45.61	45.61	0.00	i	
1+106.00	30/06/2012	29/09/2014	07/07/2012	15/07/2012	4454,56	23/07/2014	4409,59	727.00	0.00	33.00	33.00	0.00	i	
1+108.50	02/07/2012	29/09/2014	12/07/2012	28/10/2012	4369,56	28/10/2013	4331,08	961.60	0.00	53.06	53.06	0.00	i	
1+114.00	05/07/2012	29/09/2014	14/07/2012	15/07/2012	4512,03	24/10/2013	4281,89	942.20	0.00	56.99	56.99	0.00	i	
1+121.00	11/07/2012	29/09/2014	14/07/2012	18/07/2012	4424,04	21/06/2013	4316,30	663.80	0.00	86.38	86.38	-0.12	i	
1+125.00	11/07/2012	29/09/2014	25/07/2012	26/07/2012	4616,65	21/06/2013	4528,35	659.80	0.00	21.74	21.74	-1.00	i	
1+130.00	11/07/2012	29/09/2014	25/07/2012	26/07/2012	4770,60	21/06/2013	4748,72	654.80	0.00	13.24	13.24	-0.05	i	
1+135.00	11/07/2012	29/09/2014	13/08/2012	13/08/2012	4676,23	07/11/2012	4673,11	86.00	0.00	3.12	3.12	0.00	e	
1+140.00	11/07/2012	29/09/2014	08/08/2012	09/08/2012	4592,55	21/06/2013	4592,46	644.80	0.00	3.92	3.92	-0.03	e	
1+145.00	11/07/2012	29/09/2014	13/08/2012	13/08/2012	4914,70	21/06/2013	4912,33	639.80	0.00	0.25	0.25	-0.54	e	

1+145.00	11/07/2012	29/09/2014	13/08/2012	13/08/2012	4914,70	21/06/2013	4912,33	639.80	0.00	0.25	0.25	-0.54	e
1+175.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5486,36	26/10/2012	5485,91	263.00	0.00	1.29	1.29	0.00	e
1+185.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5668,55	09/05/2013	5667,55	546.40	0.00	3.31	3.31	0.00	e
1+195.00	16/08/2012	29/09/2014	23/09/2012	23/09/2012	5162,68	07/10/2012	5161,46	182.20	0.00	1.22	1.22	0.00	e
1+205.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5160,34	07/10/2012	5158,82	172.20	0.00	1.52	1.52	0.00	e
1+215.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5072,22	24/10/2012	4927,79	216.20	0.00	3.94	3.94	0.00	e
1+225.00	25/08/2012	29/09/2014	08/12/2012	09/12/2012	5379,81	09/05/2013	5387,07	506.40	0.00	-0.57	-0.57	0.00	e
1+232.00	28/08/2012	29/09/2014	20/09/2012	13/01/2013	4785,65	29/09/2013	4776,95	824.20	0.00	29.71	29.71	0.00	i
1+242.00	31/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	05/01/2013	4914,14	20/08/2013	4908,73	646.00	0.00	20.39	20.39	0.00	i
1+252.00	31/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5288,61	26/10/2012	5224,26	186.00	0.00	1.07	1.07	0.03	e
1+262.00	31/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	4914,33	26/10/2012	4753,39	176.00	0.00	0.86	0.86	0.00	e
1+272.00	31/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	4789,77	26/10/2012	4774,96	166.50	0.00	2.42	2.42	0.00	e
1+282.00	07/09/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	4994,33	21/06/2013	4974,42	502.80	0.00	7.13	7.13	0.36	e
1+292.00	08/09/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	4971,23	21/06/2013	4904,01	492.80	0.00	2.68	2.68	0.01	e
1+296.00	10/09/2012	29/09/2014	20/09/2013	09/07/2013	4429,11	03/12/2013	4420,86	886.20	0.00	8.25	8.25	0.00	e
1+302.00	11/09/2012	29/09/2014	23/09/2012	24/09/2012	4487,06	28/07/2013	4457,03	534.90	0.00	8.63	8.63	0.00	e
1+305.00	14/09/2012	29/09/2014	20/06/2013	09/07/2013	4539,09	31/10/2013	4535,50	796.20	0.00	3.59	3.59	0.00	e
1+310.00	14/09/2012	29/09/2014	29/09/2012	30/09/2012	4475,60	09/12/2012	4452,44	239.60	0.00	12.89	12.89	0.00	i
1+312.00	14/09/2012	29/09/2014	29/09/2012	30/09/2012	4971,69	26/10/2012	4950,90	126.50	0.00	20.49	20.49	0.22	i
1+315.00	24/09/2012	29/09/2014	10/01/2013	10/01/2013	4747,28	21/06/2013	4684,39	469.80	0.00	13.68	13.68	-0.07	i
1+325.00	26/09/2012	29/09/2014	16/11/2012	16/11/2012	4452,98	09/05/2013	4446,91	406.40	0.00	14.86	14.86	0.00	i

1+333.50	26/09/2012	29/09/2014	05/10/2012	07/10/2012	5009,19	28/10/2012	5009,11	115.80	0.00	0.08	0.08	0.00	e
1+343.00	30/09/2012	-	05/10/2012	07/10/2012	4966,86	31/01/2013	4965,41	275.50	0.00	2.47	2.47	0.00	e
1+355.00	03/10/2012	-	06/10/2012	07/10/2012	5182,07	21/01/2013	5206,97	244.50	0.00	-1.18	-1.18	-0.71	e
1+361.00	04/10/2012	-	06/10/2012	07/10/2012	5012,51	31/01/2013	5007,26	257.50	0.00	2.82	2.82	-0.07	e
1+372.00	04/10/2012	-	17/10/2012	18/10/2012	4697,28	12/11/2012	4695,33	117.50	0.00	1.95	1.95	0.00	e
1+385.00	09/10/2012	-	29/10/2012	30/10/2012	5285,05	28/07/2013	5262,60	451.90	0.00	-0.21	-0.21	0.00	e
1+404.00	19/10/2012	-	29/10/2012	30/10/2012	5015,21	09/05/2013	5015,66	327.40	0.00	-0.45	-0.45	0.00	e
1+413.00	20/10/2012	-	29/10/2012	30/10/2012	5187,70	09/05/2013	5188,08	190.70	0.00	0.15	0.15	0.00	e
1+423.00	23/10/2012	-	16/11/2012	23/11/2012	5143,14	31/01/2013	5138,78	168.30	0.00	7.32	7.32	0.30	e
1+515.00	15/11/2012	-	15/12/2012	15/12/2012	4987,49	31/01/2013	4982,73	103.50	0.00	4.76	4.76	0.00	e
1+535.00	03/12/2012	-	15/02/2012	15/12/2012	4891,56	21/06/2013	4925,43	249.80	0.00	4.34	4.34	-0.12	e
1+540.00	03/12/2012	-	20/06/2013	09/07/2013	4891,57	01/08/2013	4890,53	302.90	0.00	1.04	1.04	-0.01	e
1+545.00	05/12/2012	-	15/12/2012	15/12/2012	5163,75	07/07/2013	5158,78	291.90	0.00	4.97	4.97	0.00	e
1+555.00	11/12/2012	-	17/12/2012	17/12/2012	4854,40	25/08/2013	4837,95	349.80	0.00	16.45	16.45	0.00	i
1+560.00	11/12/2012	-	20/06/2013	09/07/2013	5685,82	25/07/2013	5685,62	276.90	0.00	0.20	0.20	-1.00	t
1+565.00	13/12/2012	-	18/12/2012	18/12/2012	5351,65	05/10/2013	5323,18	419.50	0.00	14.49	14.49	0.00	i
1+570.00	13/12/2012	-	18/12/2012	18/12/2012	5308,19	09/05/2013	5291,27	161.40	0.00	16.86	16.86	0.00	i
1+575.00	14/12/2012	-	26/01/2013	26/01/2013	4624,18	09/05/2013	4624,89	156.40	0.00	0.88	0.88	0.00	e
1+580.00	14/12/2012	-	26/01/2013	26/01/2013	4413,04	22/06/2013	4409,02	204.80	0.00	4.02	4.02	0.07	e
1+585.00	14/12/2012	-	26/01/2013	26/01/2013	4657,00	17/03/2013	4651,88	62.00	0.00	5.12	5.12	0.00	e
1+590.00	11/01/2013	-	26/01/2013	12/03/2013	4618,17	21/08/2013	4610,95	300.70	0.00	16.49	16.49	0.00	i
1+595.00	11/01/2013	-	28/01/2013	17/03/2013	4810,72	09/04/2013	4809,67	67.40	0.00	7.78	7.78	0.06	t
1+600.00	22/01/2013	-	02/02/2013	25/03/2013	4906,15	28/04/2013	4906,23	100.00	0.00	7.22	7.22	0.00	t
1+610.00	24/01/2013	-	02/02/2013	25/03/2013	5963,64	08/05/2013	5963,52	117.90	0.00	5.56	5.56	0.00	t
1+614.00	24/01/2013	-	02/02/2013	25/03/2013	5258,34	08/05/2013	5258,39	113.90	0.00	19.74	19.74	-0.16	i
1+615.00	24/01/2013	-	05/02/2013	05/02/2013	5166,31	06/02/2013	5162,50	3.50	0.00	3.81	3.81	6.66	e
1+625.00	11/02/2013	-	14/02/2013	15/02/2013	4671,70	17/03/2013	4662,81	22.00	0.00	8.79	8.79	1.07	e
1+630.00	11/02/2013	-	16/02/2013	17/02/2013	4570,35	22/06/2013	4552,78	154.80	0.00	17.57	17.57	0.04	i
1+632.00	15/02/2013	-	09/03/2013	10/03/2013	4666,0	17/03/2013	4663,86	4.00	0.00	2.14	2.14	2.15	e
1+636.50	19/02/2013	-	04/04/2013	05/04/2013	4588,35	28/10/2013	4571,81	433.60	0.00	16.54	16.54	0.08	i
1+640.00	22/02/2013	-	04/04/2013	05/04/2013	4515,69	20/04/2013	4503,84	37.60	0.00	11.85	11.85	0.75	i
1+650.00	03/04/2013	-	16/04/2013	17/04/2013	4525,92	19/04/2013	4525,19	25.00	0.00	0.73	0.73	0.97	e
1+655.00	05/04/2013	-	16/04/2013	19/04/2013	4615,90	05/10/2013	4594,01	329.50	0.00	17.89	17.89	0.00	i
1+660.00	09/04/2013	-	16/04/2013	18/04/2013	4580,08	02/10/2013	4487,86	313.80	0.00	12.06	12.06	0.00	i
1+670.00	17/04/2013	-	24/04/2013	25/04/2013	4584,55	07/09/2013	4567,40	264.20	0.00	17.15	17.15	0.00	i
1+680.00	22/04/2013	-	07/05/2013	08/05/2013	4707,46	22/06/2013	4702,33	104.80	0.00	5.13	5.13	0.00	i
1+690.00	25/04/2013	-	07/05/2013	08/05/2013	4766,86	28/07/2013	4762,60	146.90	0.00	4.26	4.26	-0.01	e
1+700.00	28/04/2013	-	07/05/2013	08/05/2013	4829,38	19/05/2013	4825,07	66.10	0.00	4.31	4.31	0.24	t
1+710.00	01/05/2013	-	07/05/2013	08/05/2013	4733,53	07/09/2013	4710,00	224.20	0.00	23.53	23.53	0.00	i
1+720.00	04/05/2013	-	18/05/2013	19/05/2013	4471,76	06/10/2013	4460,17	270.90	0.00	11.59	11.59	0.00	i
1+728.00	09/05/2013	-	18/05/2013	19/05/2013	4972,93	31/08/2013	4967,58	190.50	0.00	5.44	5.44	0.00	e

7.46

2+130.00	05/11/2013	-	01/03/2014	03/03/2014	4764,38	05/03/2014	4760,12		0.00	4.26	4.26	0.24	e	7.55
2+135.00	05/11/2013	-	01/03/2014	03/03/2014	4702,18	05/03/2014	4699,36		0.00	2.82	2.82	0.00	e	
2+143.00	06/11/2013	-	01/03/2014	03/03/2014	4770,10	05/03/2014	4766,91		0.00	3.19	3.19	0.00	e	
2+145.00	07/11/2013	22/07/2014	11/12/2013	12/12/2013	4905,63	25/01/2014	4893,81	288.10	0.00	11.82	11.82	0.20	i	
2+148.00	07/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4424,55	05/03/2014	4422,41		0.00	2.14	2.14	0.00	e	
2+149.00	07/11/2013	22/07/2014	12/12/2013	12/12/2013	4905,63	17/12/2013	4903,14	117.30	0.00	2.49	2.49	0.00	e	
2+150.00	07/11/2013	22/07/2014	11/12/2013	12/12/2013	4612,65	25/01/2014	4602,46	283.10	0.00	10.19	10.19	0.29	i	
2+152.00	07/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4528,58	26/01/2014	4525,99		0.00	2.59	2.59	0.00	e	
2+153.00	07/11/2013	22/07/2014	20/11/2013	21/11/2013	4560,09	17/12/2013	4540,50	109.30	0.00	19.59	19.59	0.00	i	
2+155.00	08/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4383,49	13/01/2014	4390,59		0.00	3.29	3.29	0.00	e	
2+157.00	08/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4141,33	05/03/2014	4137,22		0.00	4.11	4.11	0.00	e	
2+160.00	12/11/2013	22/07/2014	17/11/2013	19/11/2013	4080,16	26/11/2013	4068,80	17.60	0.00	11.36	11.36	-17.79	i	
2+163.00	13/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4175,35	05/03/2014	4174,94		0.00	0.51	0.51	0.00	e	
2+165.00	14/11/2013	22/07/2014	20/11/2013	21/11/2013	4140,74	10/12/2013	4091,05	56.70	0.00	49.69	49.69	0.03	i	
2+167.00	16/11/2013	22/07/2014	14/12/2013	14/12/2013	4474,42	13/02/2014	4468,73	306.20	0.00	5.69	5.69	0.00	t	
2+168.00	17/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4468,35	05/03/2014	4465,10		0.00	3.25	3.25	0.54	e	
2+172.00	20/11/2013	22/07/2014	14/12/2013	15/12/2013	4610,38	13/02/2014	4609,37	301.20	0.00	1.01	1.01	0.00	e	
2+173.00	20/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4608,06	05/03/2014	4605,51		0.00	2.55	2.55	0.38	e	
2+179.00	03/12/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4801,87	05/03/2014	4798,96		0.00	2.91	2.91	0.00	e	

Cuadro 5.6. Resumen por leyenda de colores del cuadro 6.5.

TRAMO	COLOR	DIF. ACU. PROMEDIO
1+000.00 - 1+325.00		17.11
1+333.50 - 1+728.00		7.46
2+130.00 - 2+179.00		7.55
Diferencia acumulada mayor a 10mm		

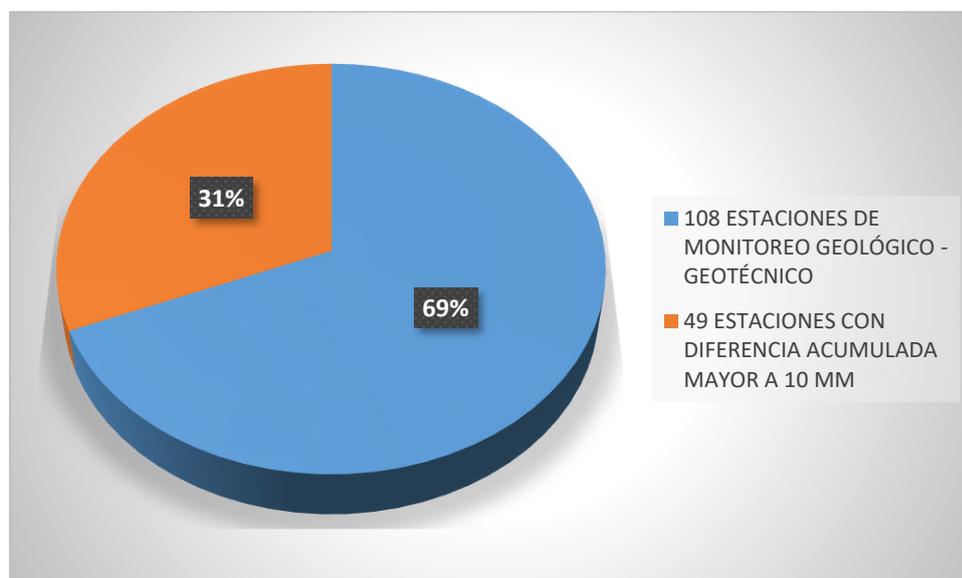


Gráfico 5.3. Porcentaje de estaciones de monitoreo geológico – geotécnico con diferencia acumulada mayores a 10 milímetros.

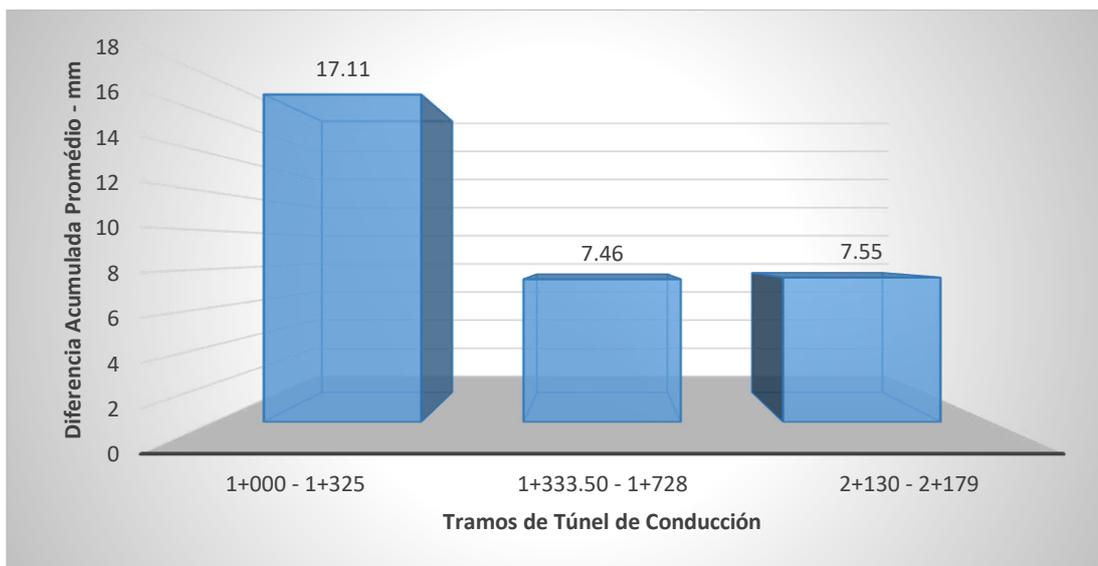


Gráfico 5.4. Diferencia acumulada promedio y su ubicación en los tramos del túnel de conducción.

Con la información extraída del cuadro 6.5 y el cuadro 6.6, tenemos el promedio de deformación en milímetros entre los siguientes tramos:

- Tramo 1+000– 1+325 deformación promedio es de 17.11 milímetros.
- Tramo 1+333.50 – 1+728 deformación promedio es de 7.46 milímetros.
- Tramo 2+130 – 2+179 deformación promedio es de 7.55 milímetros.

Los datos proporcionan que la mayor deformación del sostenimiento inicial instalado, estuvo entre las progresivas 1+000 – 1+325, y el tramo 2+150 – 2+179, tramos en los cuales se instaló el sostenimiento final como reforzamiento.

Para el análisis de la deformación en el sostenimiento inicial del túnel de conducción, se vio por conveniente realizar la definición de densidad del número de estaciones y el cálculo de la misma mediante fórmula creada por el autor de esta investigación. El mayor número de

estaciones de monitoreo geológico – geotécnico con diferencia acumulada mayores a 10 milímetros instaladas entre los tramos 1+000 – 1+325, 1+333.50 – 1+728 y 2+130 – 2+179, se define como la **densidad** del número de estaciones de monitoreo geológico – geotécnico instaladas con diferencia acumulada mayores a 10 milímetros, y se calcula mediante la siguiente formula:

$$De = \frac{N}{L} * 100$$

Donde:

De: Densidad del número de estaciones de monitoreo geológico – geotécnico instaladas con diferencia acumulada mayores a 10 milímetros.

N: Número de estaciones instalas en el tramo evaluado con diferencia acumulada mayor a 10 milímetros.

L: Longitud del tramo Evaluado.

Con ello se aplica la formula a los tramos 1+000 – 1+325, 1+333.50 – 1+728 y 2+150 – 2+179; los datos son extraídos del cuadro 6.5.

- Aplicando la fórmula al tramo 1+000 – 1+325, se encuentra el valor de “De”:

Donde,

$$N = 31$$

$$L = 325$$

$$9.54 = \frac{31}{325} * 100$$

- Aplicando la fórmula al tramo 1+333.50 – 1+728, se encuentra el valor de “De”:

Donde,

$$N = 13$$

$$L = 394.5$$

$$3.30 = \frac{13}{394.5} * 100$$

- Aplicando la fórmula al tramo 2+130 – 2+179, se encuentra el valor de “De”.

Donde,

N = 5

L = 49

$$10.20 = \frac{5}{49} * 100$$

Los valores “De” hallados para cada tramo se plasman en el cuadro 5.7 y la gráfica 6.5.

Cuadro 5.7. Densidad del número de estaciones de monitoreo geológico – geotécnico instaladas con diferencia acumulada mayores a 10 milímetros.

Tramo	Longitud (m)	N° de Estaciones	Densidad de Estaciones con Diferencia Acumulada > 10mm
1+000 - 1+325	325	31	9.54
1+333.50 - 1+728	394.5	13	3.30
2+130 - 2+179	49	5	10.20

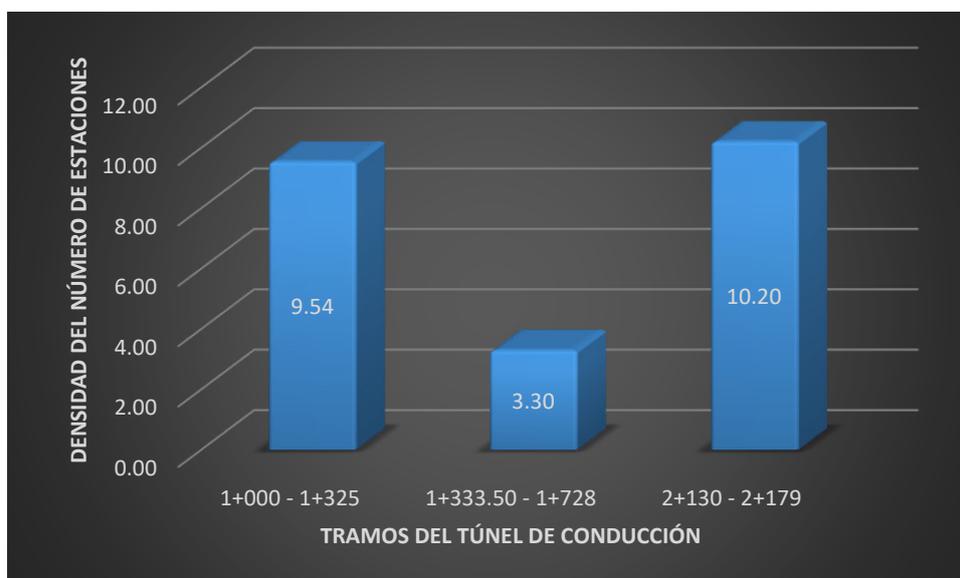


Gráfico 5.5. Densidad del número de estaciones de monitoreo geológico – geotécnico con diferencia acumulada mayores a 10 milímetros.

5.2.3 Cuantificación del Tiempo de Deformación del Sostenimiento Inicial Instalado.

La cuantificación del tiempo de deformación del sostenimiento inicial, se establece desde la primera lectura de convergencia hasta la última lectura de convergencia, etapa que se ubica entre instalar el sostenimiento inicial e instalar el sostenimiento final.

El cuadro 5.8 muestra los días en los que se realizó la lectura de las convergencias de las estaciones de monitoreo geológico – geotécnico, y por ende el tiempo en días que toleró la deformación el sostenimiento inicial. La grafica 6.6 muestra lo plasmado en el cuadro 6.9.

Cuadro 5.8. Cuantificación del tiempo de deformación del sostenimiento inicial.

Cuadro 5.8.

CUANTIFICACIÓN DEL TIEMPO DE DEFORMACION DEL SOSTENIMIENTO INICIAL																
Progresiva Estación	Fecha de instalación			Primera Medición		Última Medición		Distancia Frente	Días	Promedio de días	Diferencia mm			V (mm/día)	Status	Observaciones Note: e: Estable; i: Inestable; t: tendencia estabilizante
	Sostenimiento Inicial	Sostenimiento Final	Estaciones de Monitoreo	Fecha	Lectura	Fecha	Lectura				m	ab	ab			
								Acum Inicial	Acum Final	Dif Acum						
1+000.00	04/02/2012	-	07/03/2012	08/03/2012	4839,31	25/10/2012	4822,56	438.50	231		0.00	16.75	16.75	0.03	i	Inestable
1+005.00	05/02/2012	-	07/03/2012	08/03/2012	5020,73	25/10/2012	5003,52	426.00	231		0.00	17.21	17.21	0.00	i	Inestable
1+010.00	06/02/2012	-	07/03/2012	08/03/2012	4912,98	25/10/2012	4896,62	421.00	231		0.00	16.33	16.33	-0.01	i	Inestable
1+015.00	13/02/2012	29/09/2014	07/03/2012	08/03/2012	4290,64	07/11/2012	4275,46	117.80	244		0.00	15.18	15.18	0.00	i	Inestable
1+020.00	14/02/2012	29/09/2014	07/03/2012	08/03/2012	4350,42	25/10/2012	4335,69	231.00	231		0.00	14.73	14.73	0.00	i	Inestable
1+025.00	16/02/2012	29/09/2014	07/03/2012	08/03/2012	4323,63	07/11/2012	4305,71	457.40	244		0.00	17.93	17.93	0.00	i	Inestable
1+030.00	16/02/2012	29/09/2014	07/03/2012	08/03/2012	4169,41	25/10/2012	4149,62	401.00	231		0.00	19.79	19.79	0.00	i	Inestable
1+035.00	20/02/2012	29/09/2014	19/03/2012	27/03/2012	4337,98	07/11/2012	4320,44	447.40	225		0.00	17.54	17.54	0.00	i	Inestable
1+040.00	07/03/2012	29/09/2014	19/03/2012	27/03/2012	4280,26	25/10/2012	4259,36	391.00	212		0.00	20.90	20.90	0.00	i	Inestable
1+045.00	13/03/2012	29/09/2014	24/03/2012	27/03/2012	4854,46	07/11/2012	4834,31	437.40	225		0.00	19.73	19.73	0.00	i	Inestable
1+050.00	19/03/2012	29/09/2014	14/05/2012	16/05/2012	3992,81	07/11/2012	3981,96	432.40	175		0.00	10.85	10.85	0.00	i	Inestable
1+055.00	23/03/2012	29/09/2014	15/05/2012	16/05/2012	4124,46	09/05/2013	4110,40	676.40	358		0.00	13.25	13.25	0.00	i	Inestable
1+060.00	05/05/2012	29/09/2014	15/05/2012	16/05/2012	4775,10	09/05/2013	4763,35	358.00	358		0.00	17.89	17.89	0.00	i	Inestable
1+067.00	13/05/2012	29/09/2014	29/05/2012	30/05/2012	4545,63	07/07/2013	4523,75	743.70	403		0.00	20.32	20.32	0.09	i	Inestable
1+073.00	20/05/2012	29/09/2014	29/05/2012	30/05/2012	4590,00	21/06/2013	4566,33	711.80	387		0.00	20.63	20.63	-0.12	i	Inestable
1+080.00	25/05/2012	29/09/2014	03/06/2012	04/06/2012	4530,20	01/09/2013	4498,10	840.90	454		0.00	33.98	33.98	0.00	i	Inestable
1+087.00	30/05/2012	29/09/2014	07/06/2012	08/06/2012	4491,75	09/05/2013	4466,57	644.40	335		0.00	22.57	22.57	-0.01	i	Inestable
1+091.00	02/06/2012	29/09/2014	07/06/2012	13/06/2012	4729,91	09/02/2013	4696,01	533.50	241		0.00	31.20	31.20	0.00	i	Inestable
1+102.50	27/06/2012	29/09/2014	07/07/2012	06/07/2012	5431,43	25/08/2013	5376,84	802.30	415		0.00	45.61	45.61	0.00	i	Inestable
1+106.00	30/06/2012	29/09/2014	07/07/2012	15/07/2012	4454,56	23/07/2014	4409,59	727.00	738		0.00	33.00	33.00	0.00	i	Inestable
1+108.50	02/07/2012	29/09/2014	12/07/2012	28/10/2012	4369,56	28/10/2013	4331,08	961.60	365		0.00	53.06	53.06	0.00	i	Inestable
1+114.00	05/07/2012	29/09/2014	14/07/2012	15/07/2012	4512,03	24/10/2013	4281,89	942.20	466		0.00	56.99	56.99	0.00	i	Inestable
1+121.00	11/07/2012	29/09/2014	14/07/2012	18/07/2012	4424,04	21/06/2013	4316,30	663.80	338		0.00	86.38	86.38	-0.12	i	Inestable
1+125.00	11/07/2012	29/09/2014	25/07/2012	26/07/2012	4616,65	21/06/2013	4528,35	659.80	330		0.00	21.74	21.74	-1.00	i	Inestable
1+130.00	11/07/2012	29/09/2014	25/07/2012	26/07/2012	4770,60	21/06/2013	4748,72	654.80	330	238	0.00	13.24	13.24	-0.05	i	Inestable
1+135.00	11/07/2012	29/09/2014	13/08/2012	13/08/2012	4676,23	07/11/2012	4673,11	86.00	86		0.00	3.12	3.12	0.00	e	Estable
1+140.00	11/07/2012	29/09/2014	08/08/2012	09/08/2012	4592,55	21/06/2013	4592,46	644.80	316		0.00	3.92	3.92	-0.03	e	Estable
1+145.00	11/07/2012	29/09/2014	13/08/2012	13/08/2012	4914,70	21/06/2013	4912,33	639.80	312		0.00	0.25	0.25	-0.54	e	Estable
1+175.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5486,36	26/10/2012	5485,91	263.00	43		0.00	1.29	1.29	0.00	e	Estable

1+175.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5486.36	26/10/2012	5485.91	263.00	43	0.00	1.29	1.29	0.00	e	Estable
1+185.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5668.55	09/05/2013	5667.55	546.40	238	0.00	3.31	3.31	0.00	e	Estable
1+195.00	16/08/2012	29/09/2014	23/09/2012	23/09/2012	5162.68	07/10/2012	5161.46	182.20	14	0.00	1.22	1.22	0.00	e	Estable
1+205.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5160.34	07/10/2012	5158.82	172.20	24	0.00	1.52	1.52	0.00	e	Estable
1+215.00	16/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5072.22	24/10/2012	4927.79	216.20	41	0.00	3.94	3.94	0.00	e	Estable
1+225.00	25/08/2012	29/09/2014	08/12/2012	09/12/2012	5379.81	09/05/2013	5387.07	506.40	151	0.00	-0.57	-0.57	0.00	e	Estable
1+232.00	28/08/2012	29/09/2014	20/09/2012	13/01/2013	4785.65	29/09/2013	4776.95	824.20	259	0.00	29.71	29.71	0.00	i	Inestable
1+242.00	31/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	05/01/2013	4914.14	20/08/2013	4908.73	646.00	227	0.00	20.39	20.39	0.00	i	Inestable
1+252.00	31/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	5288.61	26/10/2012	5224.26	186.00	43	0.00	1.07	1.07	0.03	e	Estable
1+262.00	31/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	4914.33	26/10/2012	4753.39	176.00	43	0.00	0.86	0.86	0.00	e	Estable
1+272.00	31/08/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	4789.77	26/10/2012	4774.96	166.50	43	0.00	2.42	2.42	0.00	e	Estable
1+282.00	07/09/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	4994.33	21/06/2013	4974.42	502.80	281	0.00	7.13	7.13	0.36	e	Estable
1+292.00	08/09/2012	29/09/2014	12/09/2012	13/09/2012	4971.23	21/06/2013	4904.01	492.80	281	0.00	2.68	2.68	0.01	e	Estable
1+296.00	10/09/2012	29/09/2014	20/09/2013	09/07/2013	4429.11	03/12/2013	4420.86	886.20	147	0.00	8.25	8.25	0.00	e	Estable
1+302.00	11/09/2012	29/09/2014	23/09/2012	24/09/2012	4487.06	28/07/2013	4457.03	534.90	307	0.00	8.63	8.63	0.00	e	Estable
1+305.00	14/09/2012	29/09/2014	20/06/2013	09/07/2013	4539.09	31/10/2013	4535.50	796.20	114	0.00	3.59	3.59	0.00	e	Estable
1+310.00	14/09/2012	29/09/2014	29/09/2012	30/09/2012	4475.60	09/12/2012	4452.44	239.60	70	0.00	12.89	12.89	0.00	i	Inestable
1+312.00	14/09/2012	29/09/2014	29/09/2012	30/09/2012	4971.69	26/10/2012	4950.90	126.50	26	0.00	20.49	20.49	0.22	i	Inestable
1+315.00	24/09/2012	29/09/2014	10/01/2013	10/01/2013	4747.28	21/06/2013	4684.39	469.80	162	0.00	13.68	13.68	-0.07	i	Inestable
1+325.00	26/09/2012	29/09/2014	16/11/2012	16/11/2012	4452.98	09/05/2013	4446.91	406.40	174	0.00	14.86	14.86	0.00	i	Inestable
1+333.50	26/09/2012	29/09/2014	05/10/2012	07/10/2012	5009.19	28/10/2012	5009.11	115.80	21	0.00	0.08	0.08	0.00	e	Estable
1+343.00	30/09/2012	-	05/10/2012	07/10/2012	4966.86	31/01/2013	4965.41	275.50	116	0.00	2.47	2.47	0.00	e	Estable
1+355.00	03/10/2012	-	06/10/2012	07/10/2012	5182.07	21/01/2013	5206.97	244.50	106	0.00	-1.18	-1.18	-0.71	e	Estable
1+361.00	04/10/2012	-	06/10/2012	07/10/2012	5012.51	31/01/2013	5007.26	257.50	116	0.00	2.82	2.82	-0.07	e	Estable
1+372.00	04/10/2012	-	17/10/2012	18/10/2012	4697.28	12/11/2012	4695.33	117.50	25	0.00	1.95	1.95	0.00	e	Estable
1+385.00	09/10/2012	-	29/10/2012	30/10/2012	5285.05	28/07/2013	5262.60	451.90	271	0.00	-0.21	-0.21	0.00	e	Estable
1+404.00	19/10/2012	-	29/10/2012	30/10/2012	5015.21	09/05/2013	5015.66	327.40	191	0.00	-0.45	-0.45	0.00	e	Estable
1+413.00	20/10/2012	-	29/10/2012	30/10/2012	5187.70	09/05/2013	5188.08	190.70	191	0.00	0.15	0.15	0.00	e	Estable
1+423.00	23/10/2012	-	16/11/2012	23/11/2012	5143.14	31/01/2013	5138.78	168.30	69	0.00	7.32	7.32	0.30	e	Estable
1+515.00	15/11/2012	-	15/12/2012	15/12/2012	4987.49	31/01/2013	4982.73	103.50	47	0.00	4.76	4.76	0.00	e	Estable
1+535.00	03/12/2012	-	15/02/2012	15/12/2012	4891.56	21/06/2013	4925.43	249.80	188	0.00	4.34	4.34	-0.12	e	Estable
1+540.00	03/12/2012	-	20/06/2013	09/07/2013	4891.57	01/08/2013	4890.53	302.90	23	0.00	1.04	1.04	-0.01	e	Estable
1+545.00	05/12/2012	-	15/12/2012	15/12/2012	5163.75	07/07/2013	5158.78	291.90	204	0.00	4.97	4.97	0.00	e	Estable
1+555.00	11/12/2012	-	17/12/2012	17/12/2012	4854.40	25/08/2013	4837.95	349.80	251	0.00	16.45	16.45	0.00	i	Inestable
1+560.00	11/12/2012	-	20/06/2013	09/07/2013	5685.82	25/07/2013	5685.62	276.90	16	0.00	0.20	0.20	-1.00	t	Tendencia estabilizar

1+555.00	11/12/2012	-	17/12/2012	17/12/2012	4854.40	25/08/2013	4837.95	349.80	251	103	0.00	16.45	16.45	0.00	i	Inestable	
1+560.00	11/12/2012	-	20/06/2013	09/07/2013	5685.82	25/07/2013	5685.62	276.90	16		0.00	0.20	0.20	-1.00	t	Tendencia estabilizar	
1+565.00	13/12/2012	-	18/12/2012	18/12/2012	5351.65	05/10/2013	5323.18	419.50	291		0.00	14.49	14.49	0.00	i	Inestable	
1+570.00	13/12/2012	-	18/12/2012	18/12/2012	5308.19	09/05/2013	5291.27	161.40	142		0.00	16.86	16.86	0.00	i	Inestable	
1+575.00	14/12/2012	-	26/01/2013	26/01/2013	4624.18	09/05/2013	4624.89	156.40	103		0.00	0.88	0.88	0.00	e	Estable	
1+580.00	14/12/2012	-	26/01/2013	26/01/2013	4413.04	22/06/2013	4409.02	204.80	147		0.00	4.02	4.02	0.07	e	Estable	
1+585.00	14/12/2012	-	26/01/2013	26/01/2013	4657.00	17/03/2013	4651.88	62.00	50		0.00	5.12	5.12	0.00	e	Estable	
1+590.00	11/01/2013	-	26/01/2013	12/03/2013	4618.17	21/08/2013	4610.95	300.70	162		0.00	16.49	16.49	0.00	i	Inestable	
1+595.00	11/01/2013	-	28/01/2013	17/03/2013	4810.72	09/04/2013	4809.67	67.40	23		0.00	7.78	7.78	0.06	t	Tendencia estabilizar	
1+600.00	22/01/2013	-	02/02/2013	25/03/2013	4906.15	28/04/2013	4906.23	100.00	34		0.00	7.22	7.22	0.00	t	Tendencia estabilizar	
1+610.00	24/01/2013	-	02/02/2013	25/03/2013	5963.64	08/05/2013	5963.52	117.90	44		0.00	5.56	5.56	0.00	t	Tendencia estabilizar	
1+614.00	24/01/2013	-	02/02/2013	25/03/2013	5258.34	08/05/2013	5258.39	113.90	44		0.00	19.74	19.74	-0.16	i	Inestable	
1+615.00	24/01/2013	-	05/02/2013	05/02/2013	5166.31	06/02/2013	5162.50	3.50	1		0.00	3.81	3.81	6.66	e	Estable	
1+625.00	11/02/2013	-	14/02/2013	15/02/2013	4671.70	17/03/2013	4662.81	22.00	30		0.00	8.79	8.79	1.07	e	Estable	
1+630.00	11/02/2013	-	16/02/2013	17/02/2013	4570.35	22/06/2013	4552.78	154.80	125		0.00	17.57	17.57	0.04	i	Inestable	
1+632.00	15/02/2013	-	09/03/2013	10/03/2013	4666.0	17/03/2013	4663.86	4.00	7		0.00	2.14	2.14	2.15	e	Estable	
1+636.50	19/02/2013	-	04/04/2013	05/04/2013	4588.35	28/10/2013	4571.81	433.60	206		0.00	16.54	16.54	0.08	i	Inestable	
1+640.00	22/02/2013	-	04/04/2013	05/04/2013	4515.69	20/04/2013	4503.84	37.60	15		0.00	11.85	11.85	0.75	i	Inestable	
1+650.00	03/04/2013	-	16/04/2013	17/04/2013	4525.92	19/04/2013	4525.19	25.00	2		0.00	0.73	0.73	0.97	e	Estable	
1+655.00	05/04/2013	-	16/04/2013	19/04/2013	4615.90	05/10/2013	4594.01	329.50	169		0.00	17.89	17.89	0.00	i	Inestable	
1+660.00	09/04/2013	-	16/04/2013	18/04/2013	4580.08	02/10/2013	4487.86	313.80	167		0.00	12.06	12.06	0.00	i	Inestable	
1+670.00	17/04/2013	-	24/04/2013	25/04/2013	4584.55	07/09/2013	4567.40	264.20	135		0.00	17.15	17.15	0.00	i	Inestable	
1+680.00	22/04/2013	-	07/05/2013	08/05/2013	4707.46	22/06/2013	4702.33	104.80	45		0.00	5.13	5.13	0.00	i	Inestable	
1+690.00	25/04/2013	-	07/05/2013	08/05/2013	4766.86	28/07/2013	4762.60	146.90	81		0.00	4.26	4.26	-0.01	e	Estable	
1+700.00	28/04/2013	-	07/05/2013	08/05/2013	4829.38	19/05/2013	4825.07	66.10	11		0.00	4.31	4.31	0.24	t	Tendencia estabilizar	
1+710.00	01/05/2013	-	07/05/2013	08/05/2013	4733.53	07/09/2013	4710.00	224.20	122		0.00	23.53	23.53	0.00	i	Inestable	
1+720.00	04/05/2013	-	18/05/2013	19/05/2013	4471.76	06/10/2013	4460.17	270.90	140		0.00	11.59	11.59	0.00	i	Inestable	
1+728.00	09/05/2013	-	18/05/2013	19/05/2013	4972.93	31/08/2013	4967.58	190.50	104		0.00	5.44	5.44	0.00	e	Estable	
2+130.00	05/11/2013	-	01/03/2014	03/03/2014	4764.38	05/03/2014	4760.12		2		20	0.00	4.26	4.26	0.24	e	Estable
2+135.00	05/11/2013	-	01/03/2014	03/03/2014	4702.18	05/03/2014	4699.36		2			0.00	2.82	2.82	0.00	e	Estable
2+143.00	06/11/2013	-	01/03/2014	03/03/2014	4770.10	05/03/2014	4766.91		2			0.00	3.19	3.19	0.00	e	Estable
2+145.00	07/11/2013	22/07/2014	11/12/2013	12/12/2013	4905.63	25/01/2014	4893.81	288.10	44			0.00	11.82	11.82	0.20	i	Inestable
2+148.00	07/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4424.55	05/03/2014	4422.41		2			0.00	2.14	2.14	0.00	e	Estable
2+149.00	07/11/2013	22/07/2014	12/12/2013	12/12/2013	4905.63	17/12/2013	4903.14	117.30	5	0.00		2.49	2.49	0.00	e	Estable	
2+150.00	07/11/2013	22/07/2014	11/12/2013	12/12/2013	4612.65	25/01/2014	4602.46	283.10	44	0.00		10.19	10.19	0.29	i	Inestable	
2+152.00	07/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	13/12/2013	4528.58	26/01/2014	4525.99		44	0.00		2.59	2.59	0.00	e	Estable	
2+153.00	07/11/2013	22/07/2014	20/11/2013	21/11/2013	4560.09	17/12/2013	4540.50	109.30	26	0.00		19.59	19.59	0.00	i	Inestable	
2+155.00	08/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	21/11/2013	4383.49	13/01/2014	4390.59		53	0.00		3.29	3.29	0.00	e	Estable	
2+157.00	08/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4141.33	05/03/2014	4137.22		2	0.00		4.11	4.11	0.00	e	Estable	
2+160.00	12/11/2013	22/07/2014	17/11/2013	19/11/2013	4080.16	26/11/2013	4068.80	17.60	7	0.00		11.36	11.36	-17.79	i	Inestable	
2+163.00	13/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4175.35	05/03/2014	4174.94		2	0.00		0.51	0.51	0.00	e	Estable	
2+165.00	14/11/2013	22/07/2014	20/11/2013	21/11/2013	4140.74	10/12/2013	4091.05	56.70	19	0.00		49.69	49.69	0.03	i	Inestable	
2+167.00	16/11/2013	22/07/2014	14/12/2013	14/12/2013	4474.42	13/02/2014	4468.73	306.20	61	0.00		5.69	5.69	0.00	t	Tendencia estabilizar	
2+168.00	17/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4468.35	05/03/2014	4465.10		2	0.00		3.25	3.25	0.54	e	Estable	
2+172.00	20/11/2013	22/07/2014	14/12/2013	15/12/2013	4610.38	13/02/2014	4609.37	301.20	60	0.00		1.01	1.01	0.00	e	Estable	
2+173.00	20/11/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4608.06	05/03/2014	4605.51		2	0.00		2.55	2.55	0.38	e	Estable	
2+179.00	03/12/2013	22/07/2014	01/03/2014	03/03/2014	4801.87	05/03/2014	4798.96		2	0.00		2.91	2.91	0.00	e	Estable	

Cuadro 5.9. Promedio del transcurso de días en los cuales ocurrió la deformación del sostenimiento inicial en los tramos 1+000 – 1+325, 1+333.50 – 1+728 y 2+130 – 2+179 del túnel de conducción.

TRAMO	Promedio de Días
1+000 - 1+325	238
1+333.50 - 1+728	103
2+130 - 2+179	20

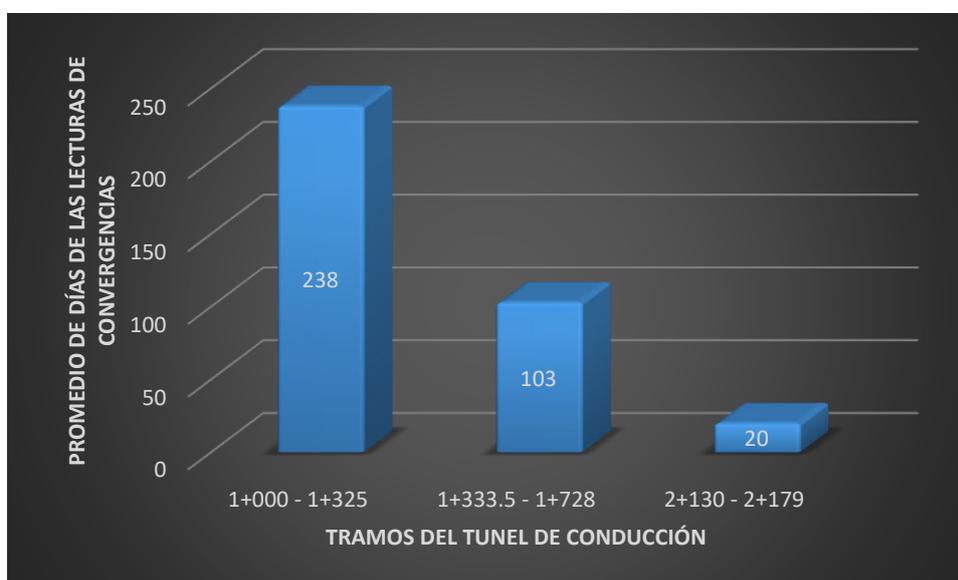


Gráfico 5.6. Promedio de días en los cuales ocurrió la deformación del sostenimiento inicial de la zona donde se instaló las estaciones de monitoreo geológico - geotécnico.

5.3 Pruebas de Hipótesis

El modelo que yo he analizado, en las zona geológica del Perú, que muestra una geología similar tales como intrusivos, generando esfuerzos de compresión entre el volcánico del Grupo Casma, así mismo para analizar este modelo he tenido que realizar un modelo geológico, perfil longitudinal de la geología del proyecto, una vista espacial que se da dentro del mismo perfil mencionado, y haber leído todo el proyecto que realizó la empresa antes de la ejecución de la

obra en la cual yo participe desde mediados del 2013 hasta el final del año 2014, realizando trabajos de supervisión en el área de geología.

Al hacer esta prueba de hipótesis he demostrado las 3 hipótesis y he cumplido con los tres objetivos y he generado mis conclusiones.

Por otra parte se tiene en cuenta la determinación de la cantidad de estaciones de monitoreo, la cuantificación de la deformación del sostenimiento y la cuantificación del tiempo de deformación del sostenimiento, como muestra la figura 5.41.

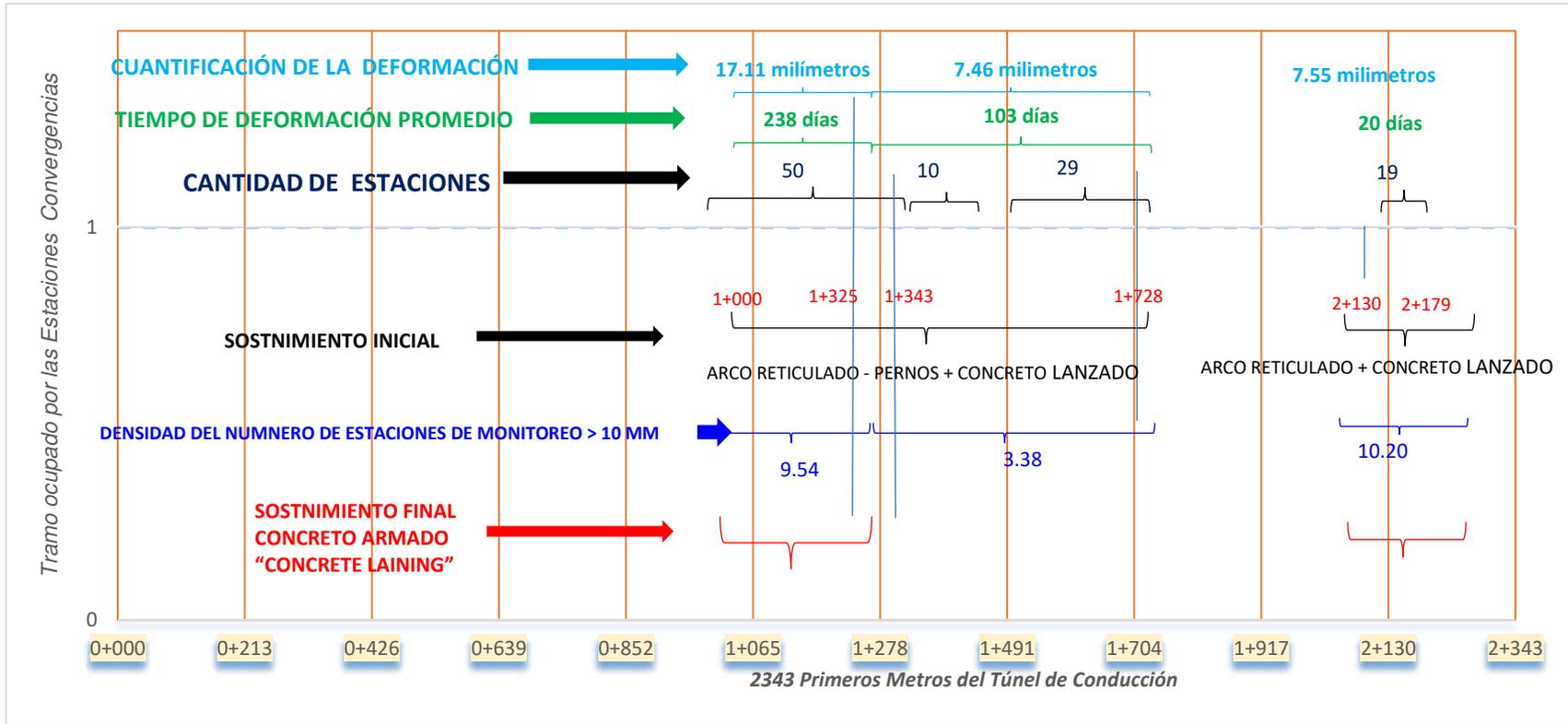


Figura 5.41. Resultados obtenidos y planteamiento de la hipótesis del túnel de conducción.

Por tanto, considerando las variables de la investigación como: dependientes (El túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves- Churín que tiene 9693 metros) e independiente (Análisis del monitoreo geotécnico mediante convergencias efectuados en el túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves- Churín) las cuales tuvieron sus definiciones conceptuales y operacionales, se tiene el contexto de análisis para la prueba de la hipótesis y se desarrolla a continuación.

Considerando la convencionalidad de Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L. (2010), en su libro Metodología de la Investigación Científica, para la prueba de hipótesis, tenemos que la variable correlacionable es la variable Análisis del monitoreo geotécnico mediante convergencias efectuados en el túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves- Churín (X) con la variable El túnel de conducción, excavación subterránea, de la central hidroeléctrica Cheves- Churín que tiene 9693 metros (Y), como se grafica a continuación, demostrándose que las convergencias tienen alto nivel correlacional con el modelo presentado en esta tesis.

HIPOTESIS CORRELACIONAL

X (MMGG)  Y (El túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín que tiene 9693 metros)

5.4 Presentación de Resultados

Habiéndose culminado con la investigación, obtenido los resultados y el correspondiente análisis del modelo geológico y del modelo geotécnico aplicado al túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín, se lograron los objetivos trazados y con ello, analizar el modelo de monitoreo geotécnico mediante convergencias, el cual define el sostenimiento final de túnel con fines civiles y mineros, con ello se generó el modelo geológico en 3 dimensiones que se presentan en la figura 5.42, 5.43 y 5.44, para el caso de esta investigación aplicado en el túnel de conducción de la central hidroeléctrica Cheves.

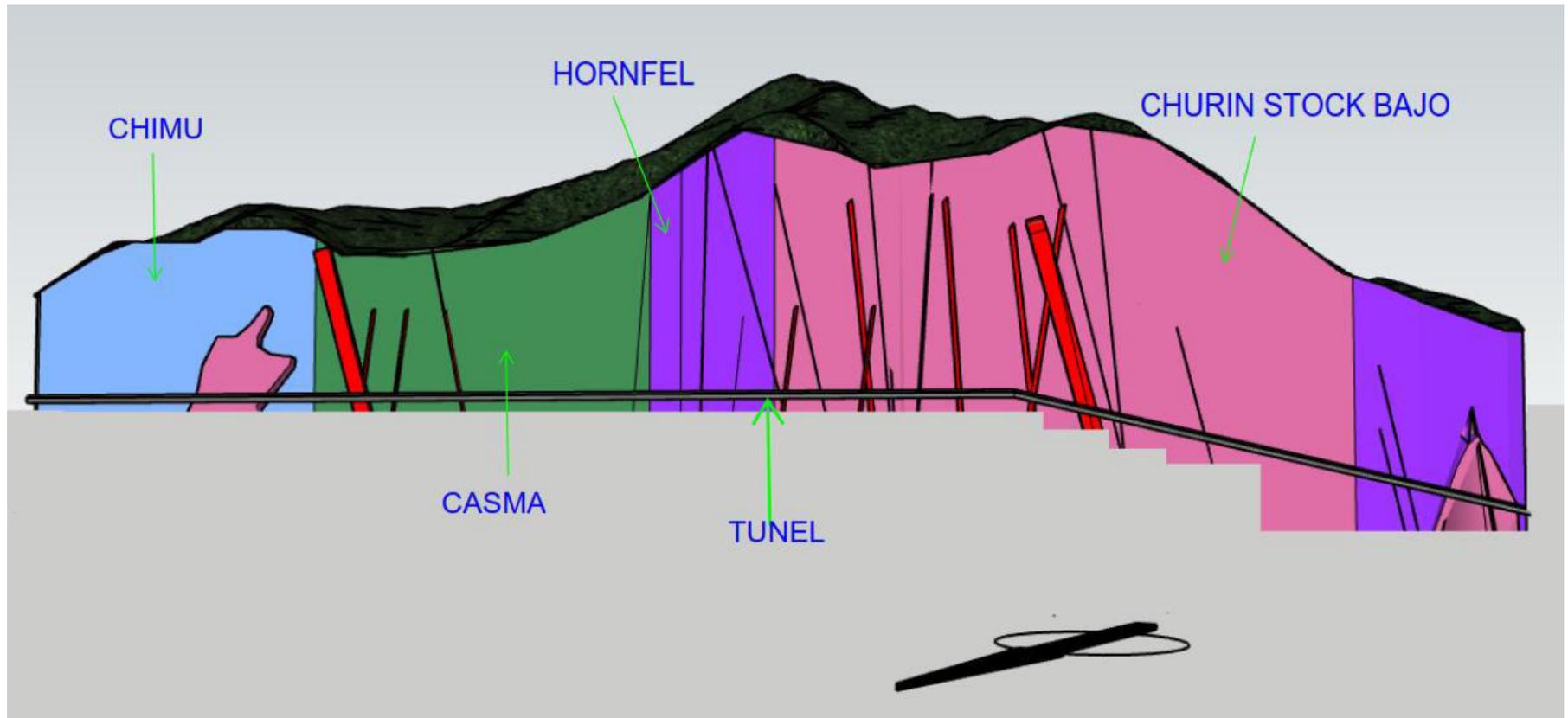


Figura 5.42. Modelo geológico vista Noreste – Suroeste.

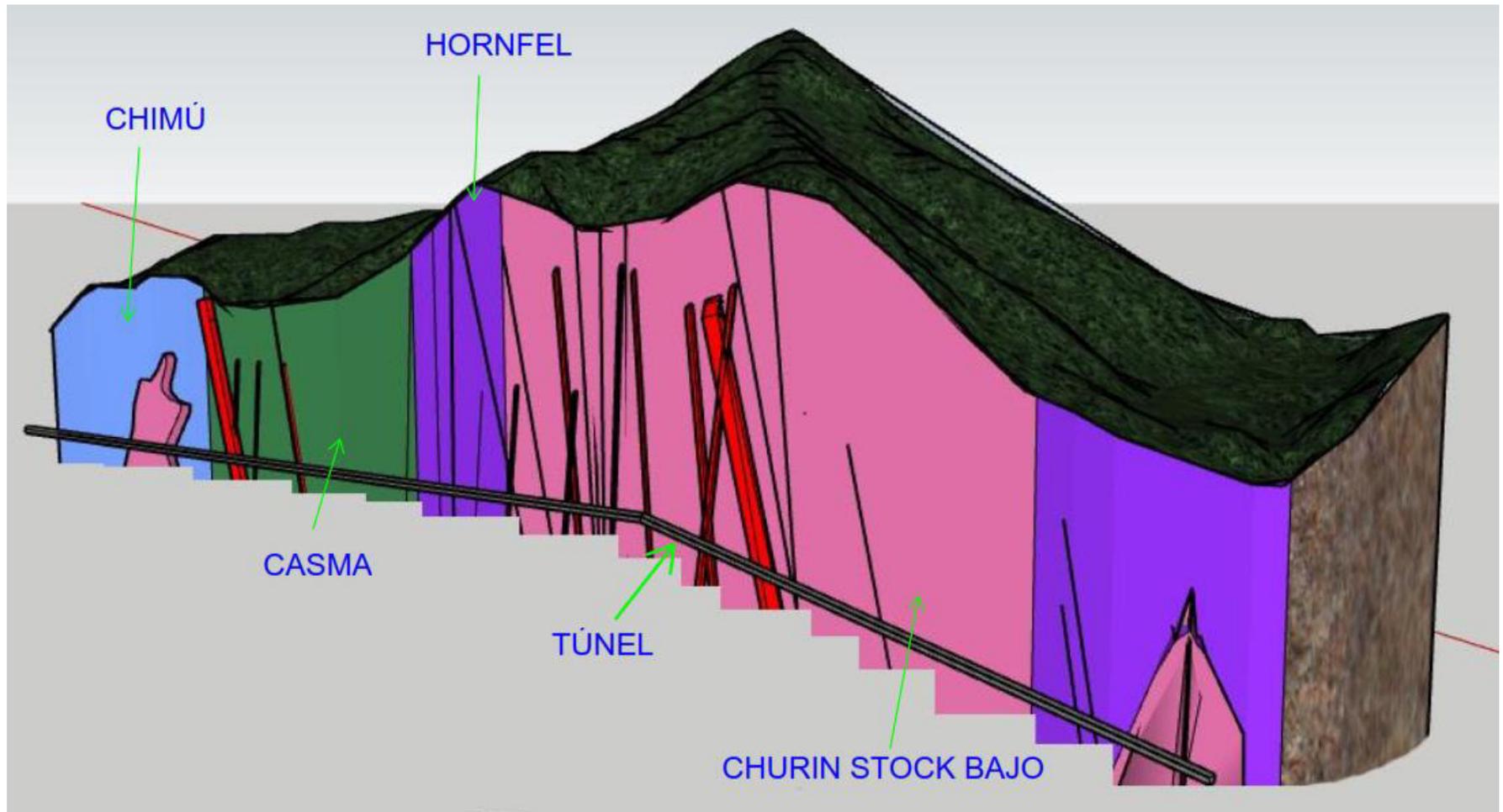


Figura 5.43. Modelo geológico vista Noreste – Suroeste.

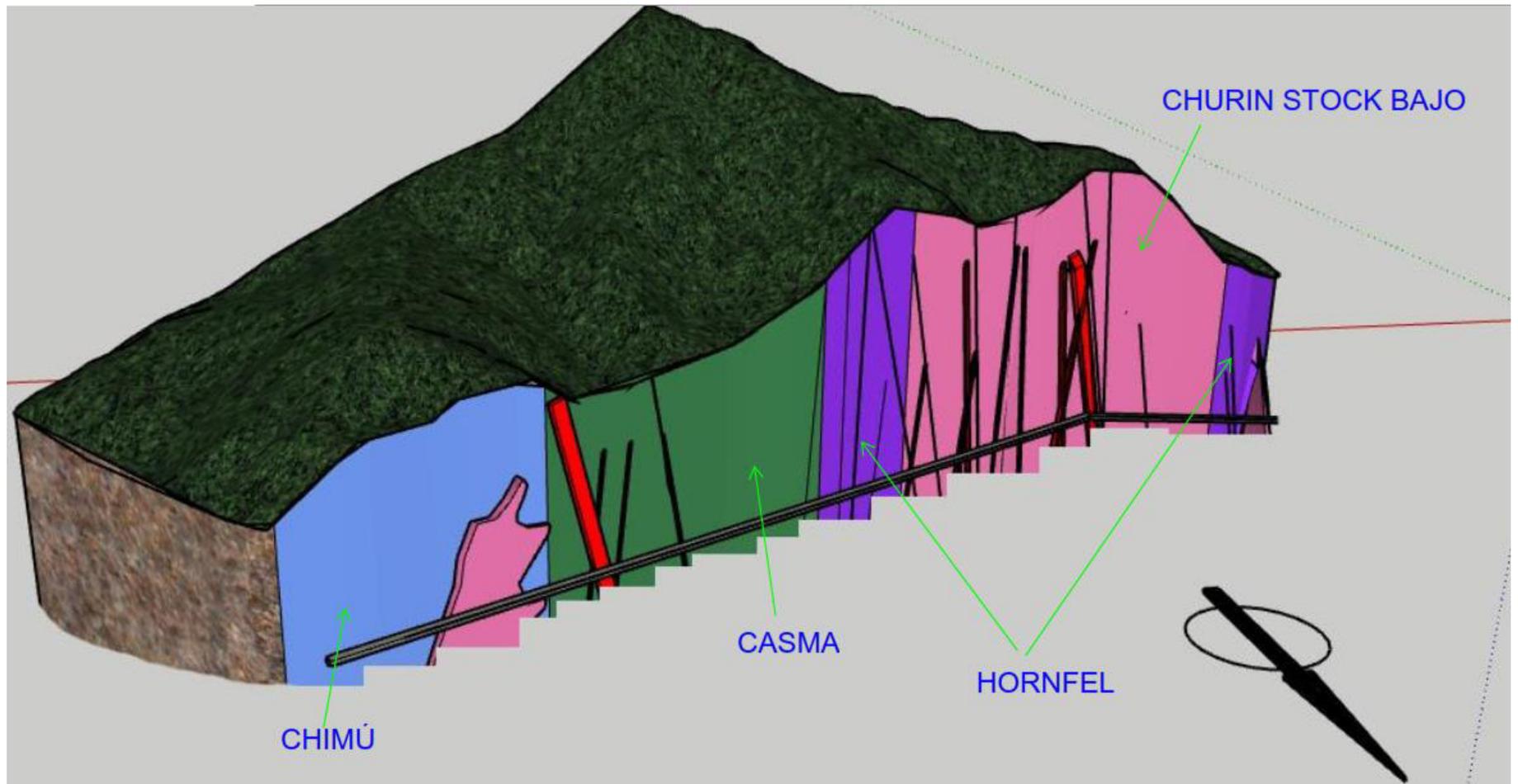


Figura 5.44. Modelo geológico vista Noreste – Suroeste.

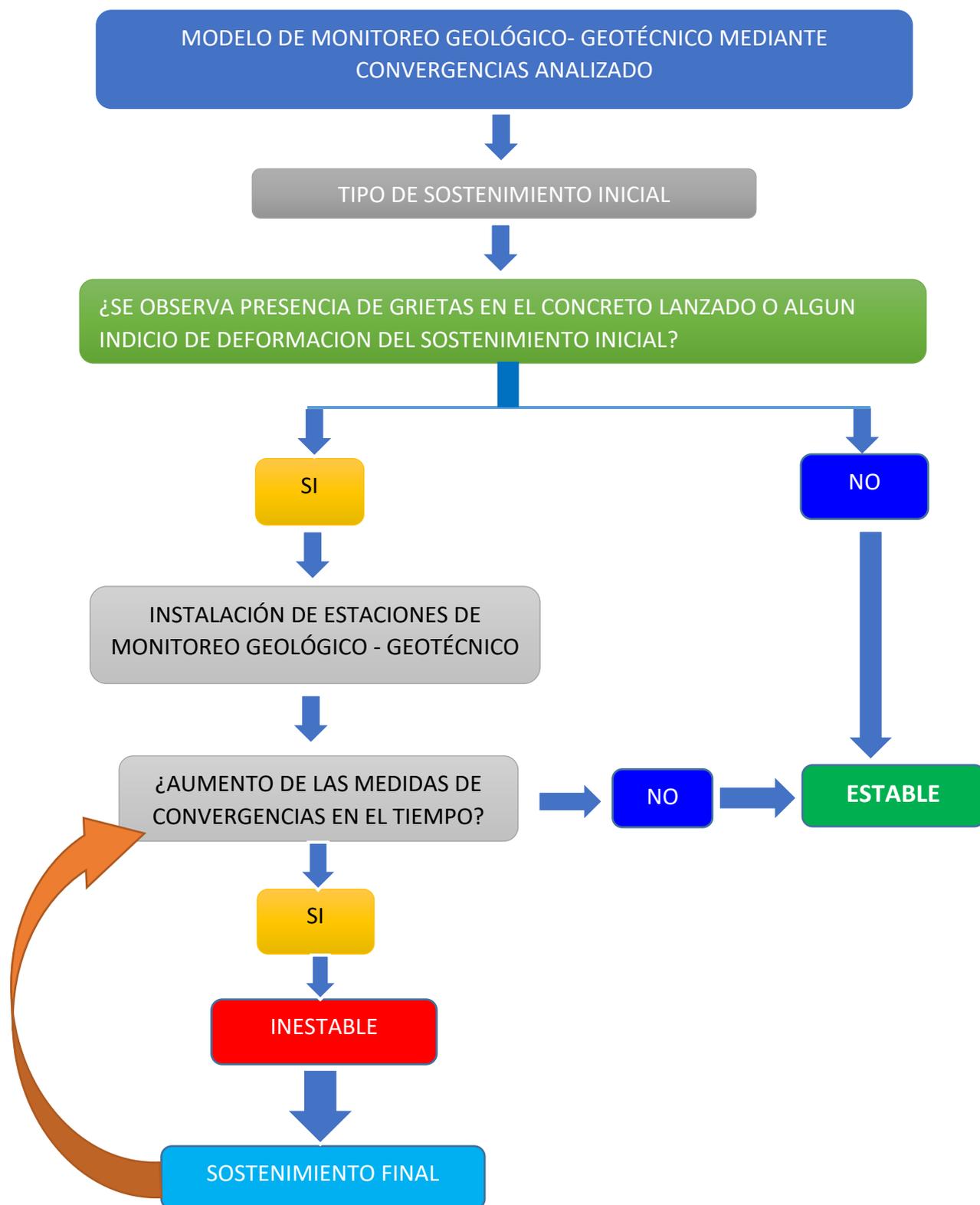


Figura 5.45. Modelo geotécnico mediante convergencias analizado.

CONCLUSIONES

- Este modelo que he analizado en la central hidroeléctrica Cheves-Churín, puede aplicarse a otros ambientes geológicos similares existentes en los ríos del Perú pertenecientes a la vertiente del océano pacífico y la vertiente del océano atlántico.

- Con el análisis de las estaciones se pudo determinar el tipo de sostenimiento que se empleó en la excavación subterránea de conducción de la central hidroeléctrica Cheves- Churín.

- Posterior a la instalación del sostenimiento final, las lecturas de convergencias en parámetros de deformación y tiempo, arrojaron resultados nulos, obteniendo la estabilidad final del túnel de conducción.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda al lector interesado ampliar esta investigación para el desarrollo de modelos similares dentro y fuera del Perú.

- Recomiendo a la autoridad del Ministerio de Energía y Minas analizar esta tesis para aplicarlo en accesos o túneles que se realiza para la extracción de recursos minerales, así como también al Ministerio de Transportes y Comunicaciones cuando realiza túneles para redes viales o la elaboración de túneles de conducción de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva, J., y Escalaya, M. (2005). *Actualización de los parámetros sísmológicos en la evaluación del peligro sísmico en el Perú. XIX simposio internacional "últimos avances en la ingeniería sísmica y gestión del riesgo de los desastres*. Simposio llevado a cabo en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Recuperado el 2019, de http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis02_p.pdf.
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. New York: John Wiley & Sons.
- Cobbing, J. (1973). *Geología de los Cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta*. Lima, Perú. Ingemmet.
- Donders, H. (2009). *The Relationship between Rock Mass Conditions and Alteration and Weathering in the Lower Hamersley Group Iron Formations, Western Australia*. (Tesis de licenciatura). Universidad de Canterbury, Christchurch, Nueva Zelanda.
- Echeverría, J. (2013). *Interacción Suelo-Túnel, con Revestimiento Sometido a Carga Anisotrópica* (Tesis magistral). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Gacitúa, J. M. (2012). *Análisis Cualitativo y Jerárquico de Incertezas en la Construcción de Túneles, Anexo B: Método NATM para Suelos (Tesis de pregrado)*. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Gavilanes, H., y Andrade, B. (2004). *Introducción a la Ingeniería de Túneles*. Quito, Ecuador.
- González de Vallejo, L. (2004). *Ingeniería Geológica*. Madrid-España. Editorial Pearson Educación S. A.
- Gonzales, J. (2015). *Curvas Convergencia-Confinamiento en Macizos Rocosos no Homogéneos con daño por Voladura* (Tesis doctoral). Universidad de Vigo, Vigo, España.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L. (2010). *Metodología de la Investigación*. México. Edit. McGraw Hill.
- Hoek, E. y Brown, E. (1958). *Excavaciones Subterráneas en roca*. México, México.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima-Perú.
- Rosas, M. (2019). *Estabilidad de frente en túneles considerando flujo de agua en condiciones transitorias* (Tesis magistral). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

- Quispe, Y. (2012). *Comportamiento de Roca Blanda en un Túnel de Exploración Diseñado con el Sistema Q (Tesis magistral)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Rey, M. (2016). *Análisis de la Instrumentación y del Monitoreo Geotécnico en Túneles Estación e Interestación del Metro de Santiago (Tesis de pregrado)*. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Rodriguez, S. (2016). *Método de Investigación Geológico-Geotécnico para El Análisis de Inestabilidad de Laderas por Deslizamientos Zona Ronquillo-Corisorgona Cajamarca – Perú (Tesis magistral)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Romero, D. Y Latorre, O. (2003). *Memoria Descriptiva de la Revisión y Actualización del Cuadrángulo de Oyon (22j)- Cuadrante III*. Lima, Perú. Ingemmet.
- Salas, J. (2006). *Geotecnia y Cimientos III (Primera y Segunda Parte): Cimentaciones, Excavaciones y Aplicaciones de la Geotecnia*. Zaragoza, España.
- Sabino, C. (1992). *El Proceso de Investigación. Caracas-Venezuela*. Ed. Panapo.
- Sandoval, J. (2008). *Estudio de la convergencia por Fluencia de Túneles Circulares en Medios Viscoelásticos Plásticos (Tesis doctoral)*. Madrid, España.
- Soto, P. (2004). *Construcción de Túneles (Tesis de pregrado)*. Universidad Austral de Chile, Santiago de Chile, Chile.

ANEXOS

**ANEXO 01: REGISTRO Y CALCULO DE LAS CONVERGENCIAS DEL
SOSTENIMIENTO INICIAL**

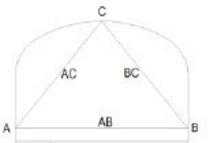


HEADRACE TUNEL FROM CHECRAS - DRIVE DR-04

CONVERGENCE MONITORING

STATION: PC-1 PK: 1+000.

CONVERGENCE STATION SKETCH

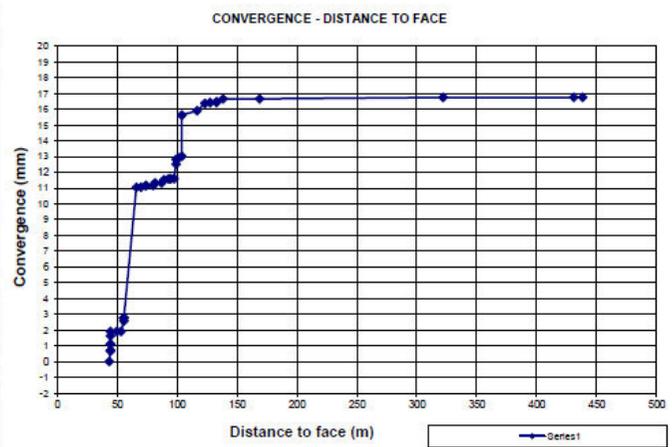


EXCAVATION DATE: 3/02/2012
 INSTALLATION DATE: 7/03/2012
 DISTANCE TO FACE (m): 43.40

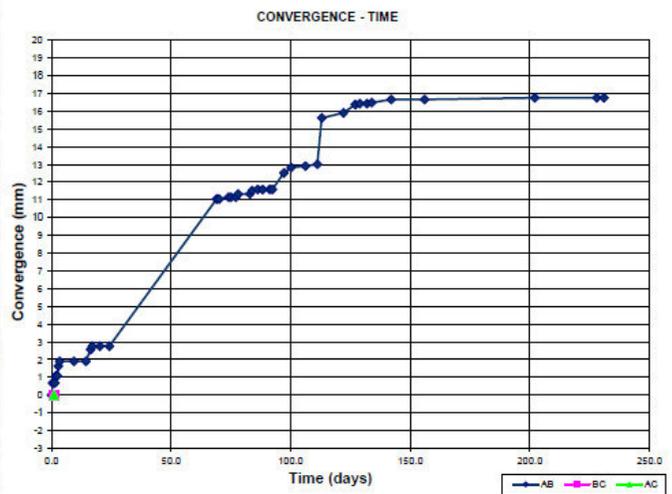
RMRc: 56
 SUPPORT: Suport type III
 10.0 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Systematic fully rock bolts, rows 7-8 @ 1.5 x 1.5 m. L= 3 m φ= 19 mm.

GEOLOGICAL DESCRIPTION

Carbonaceous shale with coal



DATE	TIME	Days to Origin	D.F.	ROPE AB					ROPE BC					ROPE AC					Comments		
				AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu (mm)	V(mm/d)	BC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu (mm)	V(mm/d)	AC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu (mm)	V(mm/d)			
8/3/12	10:00	0.0	43.40	4839.31		0.00	0.00	0.00												C. Stab 01/03/12 1+000 a 1+034.5	
8/3/12	19:00	0.4	44.30	4839.66		0.69	0.69	1.84													
9/3/12	7:00	0.9	44.30	4839.48	0.86	0.00	0.69	0.00													
9/3/12	19:00	1.4	44.30	4839.54	0.06	0.00	0.69	0.00													
10/3/12	7:00	1.9	44.30	4839.96	-0.19	0.40	1.09	0.80													
10/3/12	19:00	2.4	44.30	4839.06	0.10	0.00	1.09	0.00													
11/3/12	7:00	2.9	44.30	4839.51		0.54	1.63	1.08													
11/3/12	19:00	3.4	44.30	4839.23		0.28	1.91	0.56													
17/3/12	19:00	9.4	49.60	4837.40	-0.63	0.00	1.91	0.00													C. Stab 15/03/12 1+034.5 a 1+046.6
22/3/12	18:15	16.3	55.10	4839.71	1.81	0.00	1.91	0.00	1.81												
24/3/12	18:20	16.3	55.60	4838.58		0.66	2.57	0.33													
25/3/12	10:00	17.0	55.60	4838.27		0.12	2.76	0.30													Tunnel collapse 25/03/12 PK 1+052.0
25/3/12	15:00	20.2	55.60	4838.38		0.11	2.76	0.00	0.11												
25/3/12	15:00	20.2	55.60	4838.26		0.01	2.76	0.00													
17/5/12	11:00	70.0	69.6	4827.28	-0.98	0.00	11.59	0.00													
21/5/12	11:00	74.0	74.00	4827.71	1.59	0.00	11.15	0.00													
22/5/12	11:00	75.0	74.00	4827.71	0.00	0.00	11.15	0.00	1.99												
24/5/12	11:00	77.0	80.00	4828.53	2.00	0.00	11.33	0.18	2.00												
25/5/12	11:00	81.0	81.00	4828.53	0.18	0.00	11.59	0.18													
26/5/12	11:00	82.0	81.00	4828.53		0.00	11.59	0.00													
30/5/12	9:00	83.0	87.00	4827.98	-1.55	0.00	11.33	0.00	-0.95												
31/5/12	9:30	83.9	89.00	4827.73		0.19	11.59	0.00													
31/5/12	15:00	86.2	92.70	4827.73		0.06	11.59	0.03													
4/6/12	19:00	88.3	94.30	4827.90	0.17	0.00	11.59	0.17	0.17												
7/6/12	19:30	91.3	94.30	4827.69		0.01	11.59	0.00													
8/6/12	19:00	92.3	97.40	4827.72	-0.17	0.00	11.59	0.00													
13/6/12	14:00	97.2	99.10	4826.79		0.93	12.92	0.15													
16/6/12	14:00	100.2	99.10	4826.49		0.30	12.92	0.10													
17/6/12	14:00	101.2	101.2	4826.41		0.09	12.92	0.01													
27/6/12	14:00	111.2	103.9	4826.30		0.11	13.01	0.00	-2.61												
28/6/12	14:00	112.1	112.1	4826.41		0.29	15.90	0.00													
13/7/12	11:00	127.0	123.0	4822.84		0.47	16.37	0.06													
15/7/12	9:00	129.0	127.0	4822.85	-0.04	0.05	16.40	0.03													
18/7/12	9:00	132.0	130.0	4822.79		0.00	16.40	0.00	0.04												
20/7/12	9:00	134.0	130.0	4822.85		0.05	16.40	0.00													
28/7/12	10:55	142.0	130.0	4822.60		0.18	16.66	0.02													
11/8/12	10:55	150.0	168.0	4822.65		0.05	16.66	0.00													
15/8/12	11:30	155.0	168.0	4822.65		0.00	16.66	0.00													
22/8/12	11:30	202.1	322.0	4822.23	-0.33	0.09	16.75	0.00													
22/8/12	11:30	228.1	431.0	4822.23		0.00	16.75	0.00													
25/8/12	11:00	231.0	438.5	4822.56	0.33	0.00	16.75	0.00	0.33												

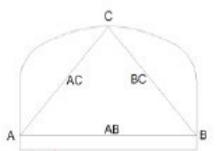




HEADRACE TUNEL FROM CHECRAS - DRIVE DR-04

STATION: PC-3 PK: 1+010.

CONVERGENCE STATION SKETCH



EXCAVATION DATE 5/02/2012

RMRc 37

INSTALLATION DATE 7/03/2012

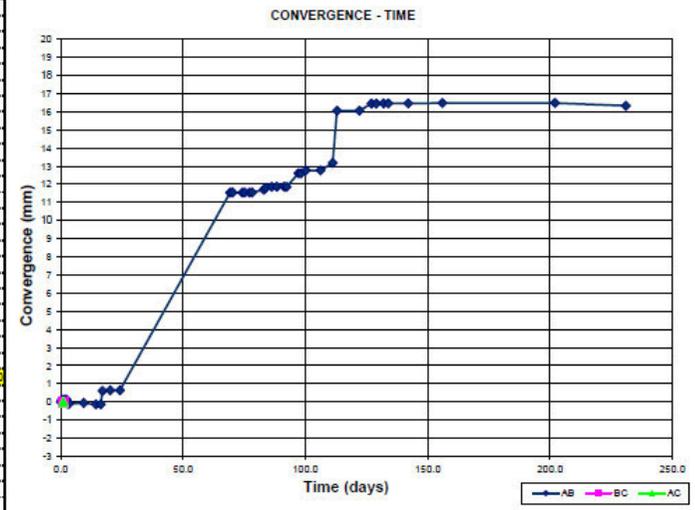
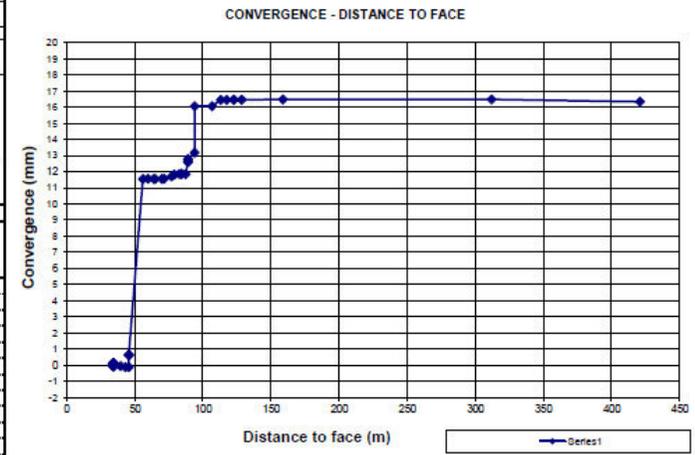
SUPPORT Suport type III

DISTANCE TO FACE (m) 33.40

10.0 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Systematic fully rock bolts, rows 8-9 @ 1,5 x 1,5 m. L= 3 m ϕ = 19 mm.

GEOLOGICAL DESCRIPTION

Carbonaceous shale with coal



DATE	TIME	Days to Origin	D.F. (m)	ROPE AB				ROPE BC				ROPE AC				Comments									
				AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	BC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	AC (mm)	DL		Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)						
8/3/12	10:00	0.0	33.40	4912.98		0.00	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00						C. Stab 01/03/12 1+000 a 1+034.5		
8/3/12	19:00	0.0	0.0	34.30	4912.75		0.00	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00							
9/3/12	7:00	0.0	1.4	34.30	4912.84		0.00	0.00		0.12		0.00		0.12		0.00		0.00							
9/3/12	19:00	0.0	2.4	34.30	4912.96		0.00	0.00		0.36		0.00		0.36		0.00		0.00							
10/3/12	7:00	0.0	7.4	34.30	4913.07		0.00	0.00		0.96		0.00		0.96		0.00		0.00							
10/3/12	19:00	0.0	7.4	34.30	4913.07		0.00	0.00		0.96		0.00		0.96		0.00		0.00							
11/3/12	7:00	0.0	7.4	34.30	4913.07		0.00	0.00		0.96		0.00		0.96		0.00		0.00							
11/3/12	19:00	0.0	7.4	34.30	4913.07		0.00	0.00		0.96		0.00		0.96		0.00		0.00							
17/3/12	19:15	0.0	70.2	59.80	4901.43		0.01	11.55		0.01		11.55		0.01		11.55		0.01							
21/5/12	15:00	0.0	74.2	64.00	4902.14		0.70	-0.01		11.54		0.00		11.54		0.00		0.00							
22/5/12	15:00	0.0	75.2	65.00	4901.44		-0.70	0.00		11.54		0.00		11.54		0.00		0.00							
24/5/12	15:00	0.0	77.2	70.00	4903.17		1.73	0.00		11.54		0.00		11.54		0.00		0.00							
25/5/12	15:00	0.0	78.2	71.50	4903.34		0.17	0.00		11.55		0.00		11.55		0.00		0.00							
30/5/12	9:00	0.0	83.0	77.00	4901.28		-1.73	0.00		11.70		0.03		11.70		0.03		0.00							
31/5/12	9:30	0.0	83.9	78.00	4901.17		-0.11	0.00		11.71		0.11		11.71		0.11		0.00							
21/5/12	15:00	0.0	96.2	82.70	4900.90		-0.32	0.05		11.98		0.02		11.98		0.02		0.00							
1/6/12	17:00	0.0	91.0	84.30	4901.12		-0.77	0.00		11.98		0.00		11.98		0.00		0.00							
15/6/12	15:00	0.0	92.3	87.80	4901.83		0.21	0.00		11.05		-0.04		11.05		-0.04		0.00							
13/6/12	14:00	0.0	95.8	89.00	4900.97		-0.21	0.00		12.61		0.16		12.61		0.16		0.00							
18/6/12	14:00	0.0	98.2	92.00	4900.36		-0.21	0.00		12.60		-0.01		12.60		-0.01		0.00							
16/6/12	14:00	0.0	99.2	93.00	4900.70		0.25	0.00		12.70		0.05		12.70		0.05		0.00							
22/6/12	14:00	0.0	106.2	99.00	4900.47		-0.25	0.00		12.75		0.00		12.75		0.00		0.00							
25/6/12	14:00	0.0	113.0	93.90	4906.92		0.29	0.00		15.06		1.51		15.06		1.51		0.00							
28/6/12	9:00	0.0	122.1	100.00	4907.04		0.12	0.00		16.06		0.00		16.06		0.00		0.00							
15/7/12	11:00	0.0	127.0	105.00	4906.93		-0.12	0.00		16.45		0.00		16.45		0.00		0.00							
15/7/12	9:00	0.0	129.0	117.5	4906.70		0.17	0.00		16.45		0.00		16.45		0.00		0.00							
18/7/12	9:00	0.0	130.0	122.00	4906.75		0.17	0.00		16.46		0.00		16.46		0.00		0.00							
20/7/12	9:00	0.0	134.0	122.5	4906.75		0.23	0.00		16.46		0.00		16.46		0.00		0.00							
25/7/12	10:05	0.0	142.0	128.00	4906.49		-0.26	0.00		16.46		0.00		16.46		0.00		0.00							
28/7/12	10:05	0.0	150.0	128.00	4906.49		0.00	0.00		16.46		0.00		16.46		0.00		0.00							
31/8/12	10:05	0.0	156.0	130.00	4906.47		0.02	0.00		16.46		0.00		16.46		0.00		0.00							
26/9/12	11:30	0.0	202.1	312.0	4906.66		-0.79	0.00		16.48		0.00		16.48		0.00		0.00							
25/10/12	11:00	0.0	231.0	421.0	4906.92		0.79	-0.15		16.33		-0.01		16.33		-0.01		0.00							

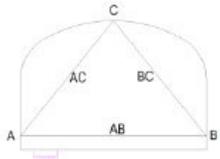


HEADRACE TUNEL FROM CHECRAS - DRIVE DR-04

CONVERGENCE MONITORING

STATION: PC-4 PK: 1+015.

CONVERGENCE STATION SKETCH



EXCAVATION DATE 13/02/2012

RMRc 50

INSTALLATION DATE 7/03/2012

SUPPORT Suport type III

DISTANCE TO FACE (m) 28.40

10.0 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Systematic fully rock bolts, rows 8-9 @ 1,5 x 1,5 m. L= 3 m φ= 19 mm.

GEOLOGICAL DESCRIPTION

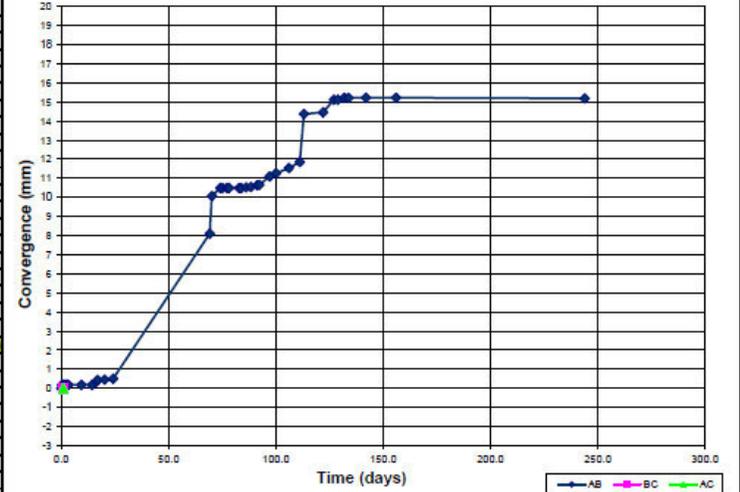
Carbonaceous shale with coal

DATE	TIME	Days to Origen	D.F. (m)	ROPE AB					ROPE BC					ROPE AC					Comments	
				AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	BC(mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	AC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)		
8 3 12 10 0	0.0	28.40	4290.54		0.00	0.00	0.00				0.00	0.00	0.00				0.00	0.00	0.00	C. Slab 01/03/12 1+000 a 1+034.5
8 3 12 19 0	0.5	29.30	4290.41		0.47	0.15	0.15				0.15	0.15	0.15				0.15	0.15	0.15	
9 3 12 19 0	1.4	29.30	4290.45		0.05	0.06	0.15				0.05	0.06	0.15				0.05	0.06	0.15	
10 3 12 19 0	2.4	29.30	4290.54		0.08	0.00	0.18				0.08	0.00	0.18				0.08	0.00	0.18	
11 3 12 19 0	2.9	29.30	4290.75		0.12	0.00	0.18				0.12	0.00	0.18				0.12	0.00	0.18	
11 3 12 19 0	3.4	29.30	4290.95		0.22	0.00	0.18				0.22	0.00	0.18				0.22	0.00	0.18	
17 3 12 19 0	9.4	34.50	4291.35		0.37	0.00	0.18				0.37	0.00	0.18				0.37	0.00	0.18	C. Slab 15/03/12 1+034.5 a 1+045.6
22 3 12 18 15	14.3	38.10	4290.54		-0.51	0.00	0.18				-0.51	0.00	0.18				-0.51	0.00	0.18	
24 3 12 18 20	15.3	40.50	4290.30		-0.08	0.16	0.34				-0.08	0.16	0.34				-0.08	0.16	0.34	
25 3 12 10 0	17.0	40.50	4290.20		0.10	0.44	0.15				0.10	0.44	0.15				0.10	0.44	0.15	Tunnel collapse 25/03/12 PK 1+052.0
28 3 12 15 0	20.2	40.50	4290.18		0.02	0.46	0.00				0.02	0.46	0.00				0.02	0.46	0.00	
1 4 12 15 0	24.2	40.50	4290.14		0.04	0.50	0.01				0.04	0.50	0.01				0.04	0.50	0.01	C. Slab 15/04/12 1+045.6 a 1+050.7
16 5 12 15 0	69.2	51.00	4282.54		7.50	8.10	0.17				7.50	8.10	0.17				7.50	8.10	0.17	C. Slab 30/04/12 1+050.7 a 1+058
17 5 12 15 0	70.2	54.80	4280.56		1.98	10.08	1.98				1.98	10.08	1.98				1.98	10.08	1.98	C. Slab 15/05/12 1+058 a 1+065
21 5 12 15 0	74.2	55.00	4279.75		-0.40	0.41	0.10				-0.40	0.41	0.10				-0.40	0.41	0.10	
22 5 12 15 0	75.2	55.00	4279.75		1.37	0.00	10.49				1.37	0.00	10.49				1.37	0.00	10.49	
24 5 12 15 0	78.2	55.00	4281.12		-0.95	0.00	10.49				-0.95	0.00	10.49				-0.95	0.00	10.49	C. Slab 25/05/12 1+065 a 1+090.50
25 5 12 15 0	78.2	55.00	4281.12		0.00	0.00	10.49				0.00	0.00	10.49				0.00	0.00	10.49	Calibracion
30 5 12 9 0	83.0	72.00	4280.15		-0.91	0.00	10.49				-0.91	0.00	10.49				-0.91	0.00	10.49	
2 6 12 15 0	96.2	77.70	4280.11		-0.13	0.04	10.53				-0.13	0.04	10.53				-0.13	0.04	10.53	
4 6 12 18 0	98.3	79.30	4280.10		0.01	10.54	0.00				0.01	10.54	0.00				0.01	10.54	0.00	
7 6 12 18 0	91.3	79.30	4280.00		0.10	10.64	0.03				0.10	10.64	0.03				0.10	10.64	0.03	
8 6 12 18 0	92.3	82.40	4279.95		0.02	10.66	0.02				0.02	10.66	0.02				0.02	10.66	0.02	C. Slab 09/06/12 1+060.5 a 1+095
13 6 12 14 0	97.2	84.10	4279.54		0.44	11.10	0.09				0.44	11.10	0.09				0.44	11.10	0.09	
16 6 12 14 0	100.2	84.10	4279.35		0.16	11.26	0.05				0.16	11.26	0.05				0.16	11.26	0.05	
22 6 12 14 0	106.2	86.2	4279.11		0.27	11.53	0.05				0.27	11.53	0.05				0.27	11.53	0.05	
27 6 12 14 0	111.2	86.2	4278.79		0.32	11.85	0.06				0.32	11.85	0.06				0.32	11.85	0.06	
29 6 12 14 0	113.2	86.2	4278.27		2.52	14.37	1.26				2.52	14.37	1.26				2.52	14.37	1.26	Cambio de cinta -3.83 mm
8 7 12 12 0	122.1	101.7	4276.19		0.09	14.46	0.01				0.09	14.46	0.01				0.09	14.46	0.01	C. Slab 07/07/12 1+095 a 1+114.5
13 7 12 11 0	127.0	108.2	4275.53		0.65	15.11	0.13				0.65	15.11	0.13				0.65	15.11	0.13	
16 7 12 9 0	132.0	117.5	4275.42		0.14	15.22	0.04				0.14	15.22	0.04				0.14	15.22	0.04	
28 7 12 10 35	142.2	123.5	4275.42		0.00	15.22	0.00				0.00	15.22	0.00				0.00	15.22	0.00	C. Slab 21/07/12 1+114.5 to 1+135.0
11 11 12 10 0	244.0	151.0	4274.45		0.00	15.18	0.00				0.00	15.18	0.00				0.00	15.18	0.00	

CONVERGENCE - DISTANCE TO FACE



CONVERGENCE - TIME



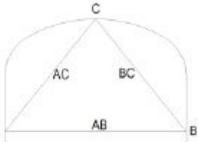


HEADRACE TUNEL FROM CHECRAS - DRIVE DR-04

CONVERGENCE MONITORING

STATION: PC-5 PK: 1+020.

CONVERGENCE STATION SKETCH



EXCAVATION DATE 14/02/2012

RMRc 50

INSTALLATION DATE 7/03/2012

SUPPORT Suport type III

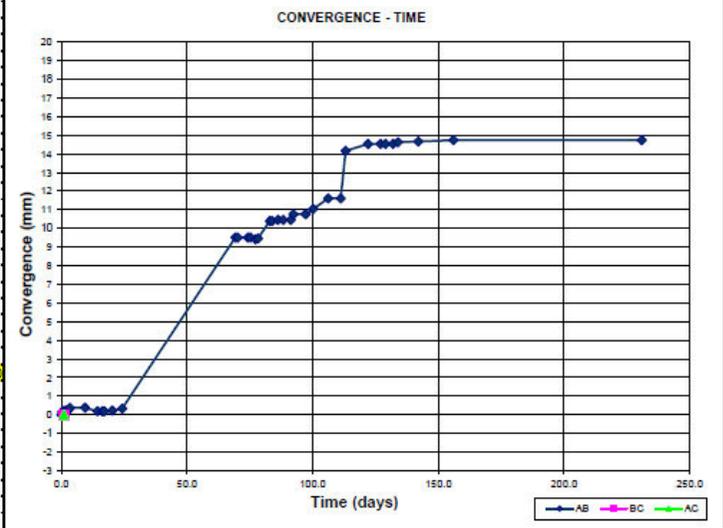
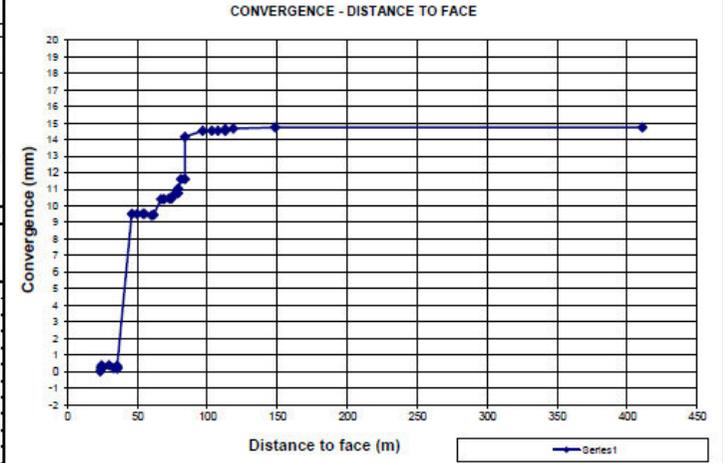
DISTANCE TO FACE (m) 23.40

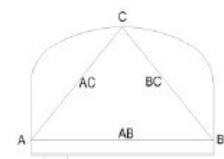
10.0 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Systematic fully rock bolts, rows 8-9 @ 1,5 x 1,5 m. L= 3 m φ= 19 mm.

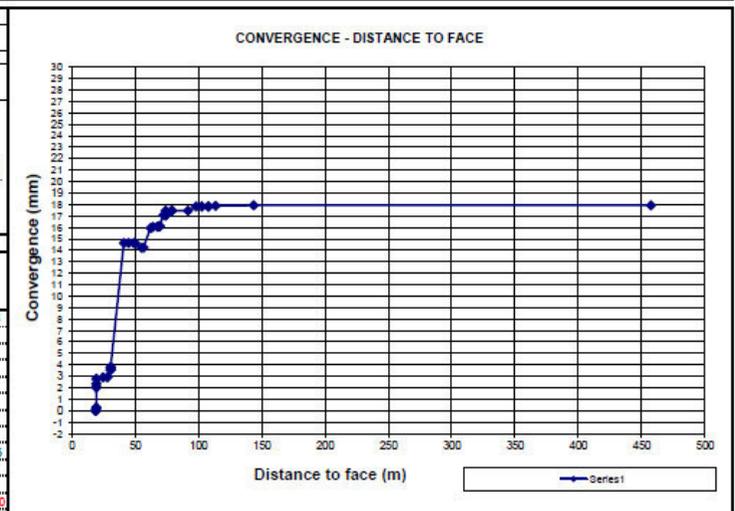
GEOLOGICAL DESCRIPTION

Carbonaceous shale with coal

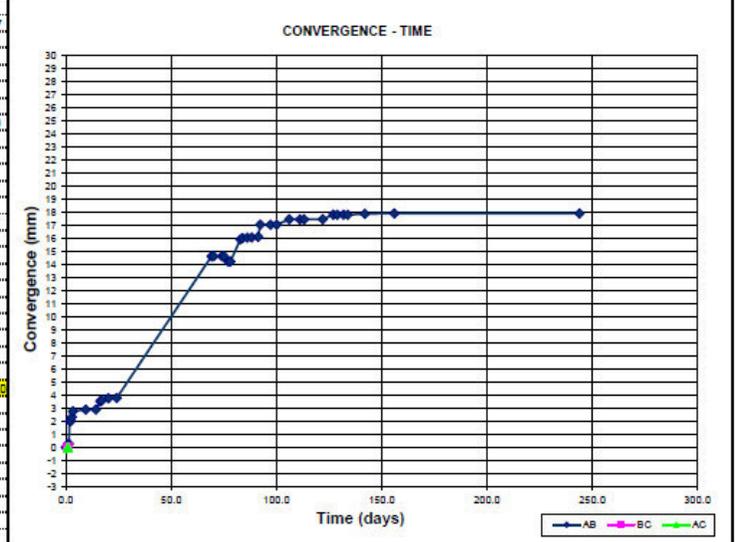
DATE				Days to Origin	D.F. (m)	ROPE AB					ROPE BC					ROPE AC					Comments
DD	MM	AA	hh:mm			AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	BC(mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	AC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	
8	3	12	10	0	0.0	23.40	4350.42		0.00	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	C. Slab 01/03/12 1+000 a 1+034.5
8	3	12	19	0	0.4		4350.24		0.18	0.18		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
8	3	12	7	0	0.5		4350.08		-0.14	0.05		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
8	3	12	19	0	1.4		4350.15		0.07	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
10	3	12	7	0	0.0		4350.22		0.07	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
10	3	12	19	0	0.0		4350.14		0.05	0.05		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
11	3	12	19	0	0.0		4350.04		0.01	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
17	3	12	18	0	14.3		4350.48		-0.01	-0.36		-0.14		-0.04		-0.04		-0.04		-0.04	
22	3	12	18	0	15.3		4350.23		0.00	0.19		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
24	3	12	15	0	28.2		4350.19		-0.02	0.04		0.23		0.01		0.01		0.01		0.01	Túnel solase 25/03/12 2x1+032.8
26	3	12	15	0	29.2		4350.08		0.10	0.30		0.02		0.02		0.02		0.02		0.02	
11	4	12	15	0	24.5		4340.53		-0.38	0.16		0.51		0.20		0.20		0.20		0.20	C. Slab 15/04/12 1+046.6 a 1+050.7
16	5	12	15	0	69.5		4340.91		0.38	0.00		9.51		0.00		0.00		0.00		0.00	C. Slab 30/04/12 1+050.7 a 1+056.6
17	5	12	15	0	70.2		4340.91		0.38	0.00		9.51		0.00		0.00		0.00		0.00	C. Slab 15/05/12 1+056.6 a 1+065
21	5	12	15	0	74.2		4338.92		-1.99	0.00		9.51		0.00		0.00		0.00		0.00	121.36 mm calibración de cinta
22	5	12	15	0	75.2		4339.84		0.92	0.00		9.51		0.00		0.00		0.00		0.00	
24	5	12	15	0	77.2		4341.92		1.99	-0.09		9.42		-0.05		-0.05		-0.05		-0.05	
25	5	12	15	0	78.2		4340.96		-0.92	0.04		9.46		0.04		0.04		0.04		0.04	
30	5	12	9	0	83.0		4340.00		0.94	10.40		0.20		0.20		0.20		0.20		0.20	Calibración
31	5	12	30	83.9		69.00	4340.00		0.00	10.40		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
2	6	12	15	0	86.2		4333.96		0.06	10.46		0.03		0.03		0.03		0.03		0.03	
4	6	12	18	0	88.3		4333.96		0.00	10.46		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
7	6	12	18	0	91.3		4333.99		0.03	10.46		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
8	6	12	18	0	92.3		4333.35		-0.34	0.30		10.76		0.30		0.30		0.30		0.30	
13	6	12	14	0	97.2		4333.66		0.31	0.00		10.76		0.00		0.00		0.00		0.00	
16	6	12	14	0	100.2		4333.38		0.28	11.04		0.09		0.09		0.09		0.09		0.09	
22	6	12	14	0	106.2		4338.81		0.57	11.61		0.09		0.09		0.09		0.09		0.09	
27	6	12	14	0	111.2		4338.85		0.04	11.61		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
29	6	12	14	0	113.2		4339.26		-0.04	2.55		14.16		1.28		1.28		1.28		1.28	Cambio de fibra -3.53 mm
8	7	12	12	0	122.1		4335.89		0.37	14.53		0.04		0.04		0.04		0.04		0.04	C. Slab 07/07/12 1+056 a 1+114.5
13	7	12	11	0	127.0		4335.10		-0.79	0.00		14.53		0.00		0.00		0.00		0.00	
17	7	12	9	0	130.0		4335.10		0.01	0.00		14.53		0.00		0.00		0.00		0.00	
17	7	12	9	0	130.0		4335.10		0.01	0.00		14.53		0.00		0.00		0.00		0.00	
28	7	12	9	0	134.0		4335.24		0.10	0.00		14.83		0.00		0.00		0.00		0.00	
28	7	12	10	0	145.0		4335.24		0.10	0.00		14.86		0.00		0.00		0.00		0.00	
15	8	12	10	0	149.5		4335.24		0.10	0.00		14.86		0.00		0.00		0.00		0.00	
19	8	12	10	0	151.0		4335.69		0.52	0.00		14.73		0.00		0.00		0.00		0.00	
20	8	12	10	0	151.5		4335.69		0.52	0.00		14.73		0.00		0.00		0.00		0.00	



CONVERGENCE STATION SKETCH 	EXCAVATION DATE	16/02/2012	RMRc	32
	INSTALLATION DATE	7/03/2012	SUPPORT	Support type IV
	DISTANCE TO FACE (m)	18.40	15.0 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Norw. ribs @ 1m, Systematic fully rock bolts @ 1,0 x 1,5 m. L= 3 m φ= 19 mm, 15.0 cm plain shotcrete. Rock bolts in floor L= 4 m φ= 32 mm. Concret Slab	
GEOLOGICAL DESCRIPTION Carbonaceous shale with coal				



DATE	TIME	Days to Origin	D.F. (m)	ROPE AB					ROPE BC					ROPE AC					Comments
				AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	BC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	AC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	
8	3	12	10	0	0.0	19.40	4323.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C. Slab 01/03/12 1+000 a 1+034.5
8	3	12	19	0	0.4	19.30	4323.62	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	3	12	7	0	0.5	19.30	4323.40	0.22	0.23	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	3	12	19	0	1.4	19.30	4323.35	0.05	0.28	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	3	12	7	0	1.9	19.30	4321.07	-0.53	1.75	2.03	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	3	12	19	0	2.4	19.30	4321.60	0.53	0.00	2.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	3	12	7	0	2.2	19.30	4320.25	0.31	2.91	2.34	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	3	12	19	0	14.3	19.30	4320.35	3.44	2.75	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17	3	12	19	5	9.4	24.65	4320.54	-0.05	0.13	2.91	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C. Slab 15/03/12 1+034.5 a 1+046.6
24	3	12	19	20	16.3	30.65	4320.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Tunnel collapse 25/03/12 1+046.6 a 1+050.0
25	3	12	15	0	20.2	30.65	4319.95	0.05	0.16	3.75	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
26	4	12	15	0	22.2	30.65	4319.95	0.02	3.90	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16	5	12	15	0	59.2	41.00	4306.45	-0.53	10.84	14.54	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C. Slab 15/04/12 1+046.6 a 1+050.7
17	5	12	15	0	70.2	44.90	4306.99	0.53	0.00	14.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C. Slab 30/04/12 1+050.7 a 1+055
22	5	12	15	0	75.2	50.00	4307.05	-1.94	0.00	14.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12/ 35 mm calibration de cinta
24	5	12	15	0	77.2	50.00	4309.94	-2.49	-0.41	14.23	-0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C. Slab 25-05-12 1+055 a 1+060.80
25	5	12	15	0	78.2	56.60	4309.40	-0.54	0.00	14.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Calibracion
30	5	12	9	0	83.0	62.00	4307.89	1.71	15.94	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
31	5	12	8	30	83.9	64.00	4307.99	0.10	15.94	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	6	12	15	0	86.2	67.70	4307.56	0.03	15.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	6	12	18	0	88.3	69.30	4307.54	0.02	15.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	6	12	18	0	91.3	69.30	4307.50	0.04	15.13	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	6	12	18	0	92.3	72.40	4306.56	0.94	17.07	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C. Slab 09/06/12 1+060.6 a 1+065
13	6	12	14	0	97.2	74.10	4307.33	-0.76	17.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16	6	12	14	0	100.2	74.10	4306.57	-0.76	17.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
22	6	12	14	0	105.2	74.10	4305.97	-0.20	17.46	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
27	6	12	14	0	111.2	78.90	4306.17	0.20	17.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
29	6	12	14	0	113.2	78.90	4303.32	-2.85	17.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Cambio de cinta -3.83 mm
8	7	12	12	0	122.1	91.7	4303.49	0.17	17.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C. Slab 07/07/12 1+095 a 1+114.5
13	7	12	11	0	127.0	86.2	4302.43	-0.69	17.53	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15	7	12	9	0	129.1	102.5	4302.51	0.05	17.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16	7	12	9	0	134.0	107.1	4302.24	-0.27	17.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20	7	12	9	0	134.0	107.1	4302.27	0.03	17.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	C. Slab 21/07/12 1+114.5 to 1+135.0
11	8	12	10	5	156.0	143.5	4302.17	0.04	17.59	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	11	12	10	5	244.7	67.4	4305.71	0.00	17.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	



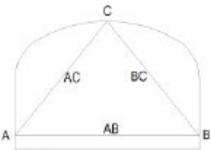


HEADRACE TUNEL FROM CHECRAS - DRIVE DR-04

CONVERGENCE MONITORING

STATION: PC-9 PK: 1+040.

CONVERGENCE STATION SKETCH



EXCAVATION DATE: 6/03/2013

RMRc: 34

INSTALLATION DATE: 19/03/2012

SUPPORT: Suport type IV

DISTANCE TO FACE (m): 15.60

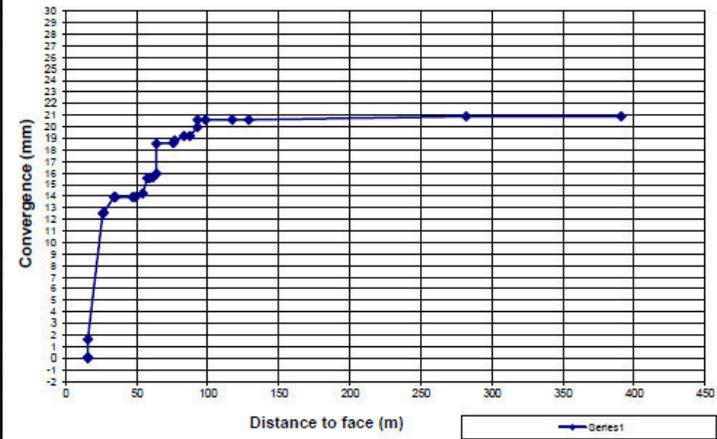
15.0 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Norw. ribs @ 1m, Systematic fully rock bolts @ 1,0 x 1,5 m, L= 3 m φ= 19 mm, 15,0 cm plain shotcrete, Rock bolts in floor L= 4 m φ= 32 mm, Concret Slab

GEOLOGICAL DESCRIPTION

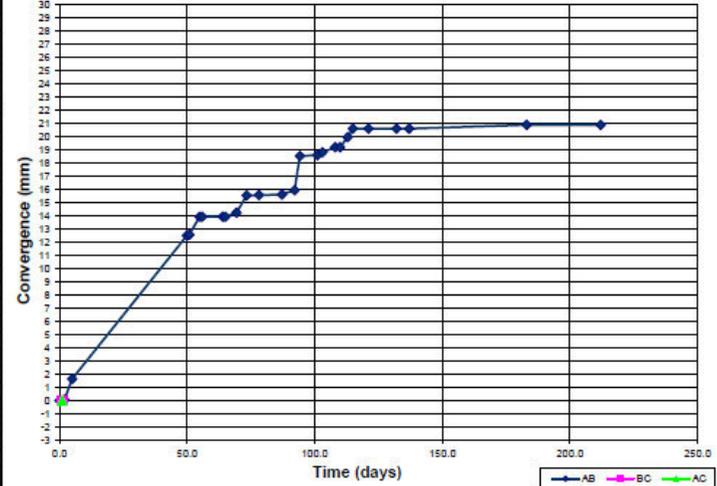
Carbonaceous shale with coal

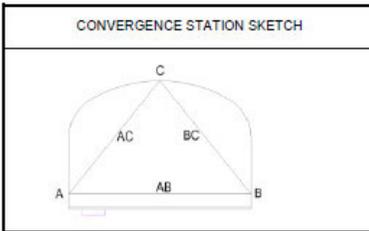
DATE	TIME	Days to Origin	D.F. (m)	ROPE AB					ROPE BC					ROPE AC					Comments	
				AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V (mm/d)	BC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V (mm/d)	AC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V (mm/d)		
27	3 12 10	0	0.0	15.60	4280.26		0.00	0.00	0.00											Tunnel collapse 25/03/12 PK1+052.0
28	3 12 19	0	1.4	15.60	4280.23		0.03	0.03	0.02											C. Slab 16/03/12 1+034.5 a 1+046.6
29	3 12 0	0	1.9	15.60	4280.20		0.03	0.06	0.06											C. Slab 16/04/12 1+046.6 a 1+050.7
1	4 12 7	0	4.9	15.60	4278.62		1.54	1.54	0.53											C. Slab 30/04/12 1+050.7 a 1+058
15	5 12 7	0	35.9	26.90	4267.75		10.96	12.90	0.24											C. Slab 15/05/12 1+059.0 a 1+065
17	5 12 7	0	36.9	34.00	4265.53		-0.50	1.35	13.91	0.34										121.36 mm calibration de orita
22	5 12 7	0	42.9	34.00	4265.53		0.00	0.00	13.91	0.00										
30	5 12 9	0	50.9	34.00	4265.53		0.00	0.00	13.91	0.00										
31	5 12 9	0	51.9	34.00	4265.53		0.00	0.00	13.91	0.00										
4	6 12 18	0	69.3	54.30	4265.02		0.31	14.24	0.07											
8	6 12 18	0	73.3	57.40	4264.71		1.31	15.92	0.33											
13	6 12 14	0	78.2	59.10	4264.69		0.02	15.57	0.00											
22	6 12 14	0	87.2	61.20	4264.63		0.06	15.63	0.01											
27	6 12 14	0	92.2	63.90	4264.31		0.32	15.95	0.06											
29	6 12 14	0	94.2	63.90	4261.71		2.60	18.55	1.30											Cambio de orita -3.83 mm
5	7 12 10	0	101.0	75.7	4261.55		0.05	18.60	0.01											
8	7 12 12	0	103.1	76.7	4261.44		0.23	18.83	0.11											
13	7 12 11	0	108.0	83.2	4260.50		-0.45	19.21	0.06											
15	7 12 9	0	110.0	87.5	4261.05		0.45	19.21	0.00											
18	7 12 9	0	113.0	92.8	4260.29		0.76	19.97	0.25											
20	7 12 9	0	115.0	92.8	4259.65		0.64	20.61	0.32											
25	7 12 10	35	121.0	98.5	4259.65		0.00	20.61	0.00											
5	8 12 10	35	135.0	117.3	4259.65		0.00	20.61	0.00											
11	8 12 10	35	137.0	125.6	4259.65		0.00	20.61	0.00											
25	9 12 11	30	153.1	205.0	4259.06		-0.29	20.90	0.01											
25	10 12 11	0	212.0	39	4259.35		0.29	20.90	0.00											

CONVERGENCE - DISTANCE TO FACE

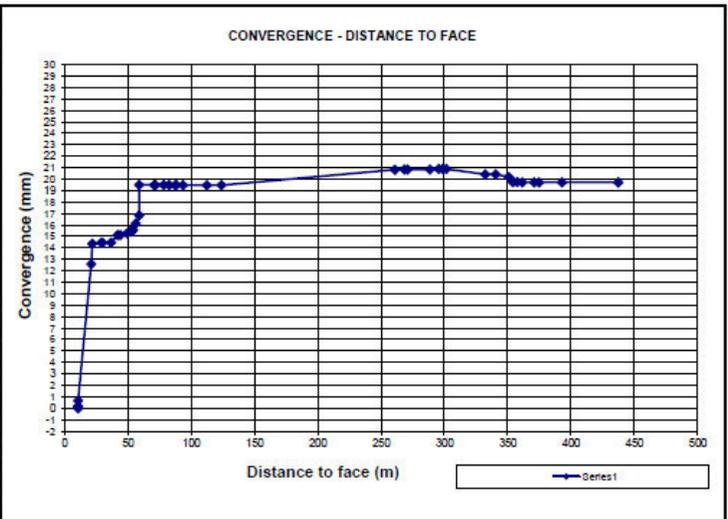


CONVERGENCE - TIME

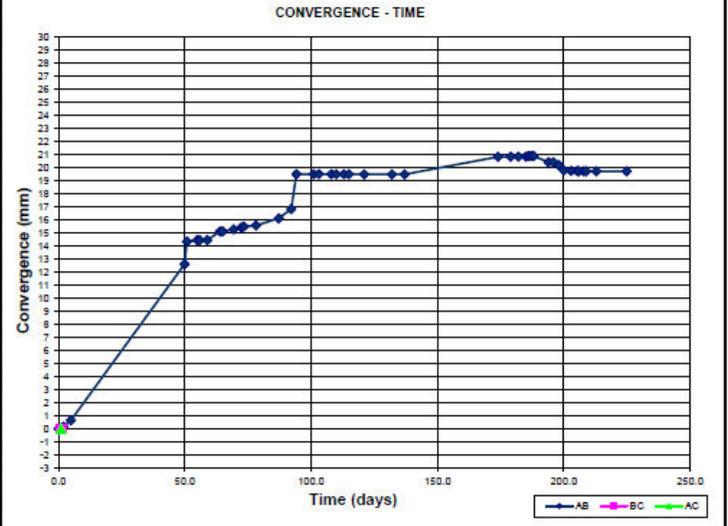




EXCAVATION DATE	13/03/2013	RMRc	34	15.0 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Norw. ribs @ 1m, Systematic fully rock bolts @ 1.0 x 1.5 m, L= 3 m φ= 19 mm, 15.0 cm plain shotcrete. Rock bolts in floor L= 4 m φ= 32 mm. Concret Slab
INSTALLATION DATE	24/03/2012	SUPPORT	Support type IV	
DISTANCE TO FACE (m)	10.60			
GEOLOGICAL DESCRIPTION Carbonaceous shale with coal				



DATE	TIME	Days to Origin	D.F. (m)	ROPE AB					ROPE BC					ROPE AC					Comments	
				AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	BC(mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	AC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)		
27	3 12 10	0	0.0	10.6	4854.46		0.00	0.00	0.00											Tunnel collapse 25/03/12 PK1+052.0
28	3 12 19	0	0.0		4854.35		0.11	0.11	0.06											C. Slab 15/03/12 1+034.6 a 1+045.6
29	3 12 19	0	0.0		4853.50		-1.20	1.75	14.36											C. Slab 15/04/12 1+045.6 a 1+050.7
30	3 12 19	0	0.0		4853.50		0.50	0.50	0.17											C. Slab 30/04/12 1+050.7 a 1+056.0
15	5 12 7	0	49.9	10.6	4841.85				11.59	12.61										C. Slab 15/05/12 1+056.0 a 1+065.0
16	5 12 7	0	49.9	10.6	4839.90				14.36	14.36										121.36 mm calibration de cinta
17	5 12 7	0	49.9	10.6	4839.90				14.36	14.36										121.36 mm calibration de cinta
21	5 12 7	0	49.9	10.6	4839.90				14.36	14.36										
22	5 12 7	0	49.9	10.6	4839.90				14.36	14.36										
25	5 12 7	0	49.9	10.6	4840.00		0.38	0.00	14.46	0.00										C. Slab 25/05/12 1+055 a 1+060.50
30	5 12 30	0	64.0	10.6	4839.50		0.57	15.13	15.13	0.13										Calibration
31	5 12 8	30	64.9	10.6	4839.52		0.19	0.00	15.13	0.00										
4	6 12 18	0	69.3	10.6	4839.19		-0.19	0.14	15.27	0.03										
7	6 12 18	0	72.3	10.6	4839.03		0.16	0.00	15.43	0.05										
8	6 12 18	0	73.3	10.6	4838.97		0.06	15.49	0.06											C. Slab 09/06/12 1+060.6 a 1+095
13	6 12 14	0	78.2	10.6	4838.89		0.08	15.57	0.02											
22	6 12 14	0	87.2	10.6	4838.34		0.55	16.12	0.06											
27	6 12 14	0	92.2	10.6	4837.83		0.71	16.83	0.14											
29	6 12 14	0	94.2	10.6	4834.76		-0.20	2.67	19.50	1.33										Cambio de cinta -3.83 mm
5	7 12 10	0	101.0	10.6	4834.95		0.19	0.00	19.50	0.00										
8	7 12 12	0	103.1	10.6	4834.94		-0.01	0.00	19.50	0.00										
13	7 12 11	0	108.0	10.6	4834.96		0.02	0.00	19.50	0.00										C. Slab 07/07/12 1+095 a 1+114.5
15	7 12 9	0	110.0	10.6	4834.89		-0.07	0.00	19.50	0.00										
18	7 12 9	0	113.0	10.6	4834.57		-0.32	0.00	19.50	0.00										
20	7 12 9	0	115.0	10.6	4835.00		0.43	0.00	19.50	0.00										
26	7 12 10	35	121.0	10.6	4835.34		0.33	-0.01	19.49	0.00										C. Slab 21/07/12 1+114.5 to 1+132.0
5	8 12 10	35	132.0	10.6	4835.13		-0.21	0.00	19.49	0.00										
11	8 12 10	35	137.0	10.6	4834.97		-0.16	0.00	19.49	0.00										
22	9 12 10	35	147.0	10.6	4833.12		-0.51	1.34	20.83	0.04										
25	9 12 11	0	152.0	10.6	4833.61		0.51	0.00	20.85	0.00										
29	9 12 11	0	156.0	10.6	4833.65		-0.19	0.05	20.90	0.05										
30	9 12 11	0	157.0	10.6	4833.56		0.11	0.00	20.90	0.00										
7	10 12 10	0	194.0	10.6	4834.62		1.01	-0.47	20.43	-0.08										
9	10 12 10	0	196.0	10.6	4833.61		-1.01	0.00	20.43	0.00										
11	10 12 10	0	198.0	10.6	4833.84		-0.23	20.20	-0.12											
13	10 12 10	0	200.0	10.6	4834.25		-0.41	19.75	-0.20											
16	10 12 10	0	203.0	10.6	4834.28		-0.03	19.76	-0.01											
18	10 12 17	45	205.3	10.6	4834.36		0.10	0.00	19.76	0.00										
19	10 12 9	0	206.0	10.6	4834.93		0.52	-0.03	19.73	-0.05										
21	10 12 9	0	208.0	10.6	4834.93		0.00	19.73	0.00											
22	10 12 9	0	209.0	10.6	4834.93		0.00	19.73	0.00											
26	10 12 9	0	213.0	10.6	4834.93		0.00	19.73	0.00											
7	11 12 9	0	225.0	10.6	4834.31		-0.62	0.00	19.73	0.00										

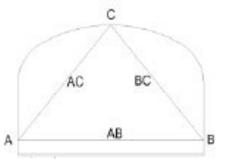




HEADRACE TUNEL FROM CHECRAS - DRIVE DR-04

STATION: PC-11 PK: 1+050.

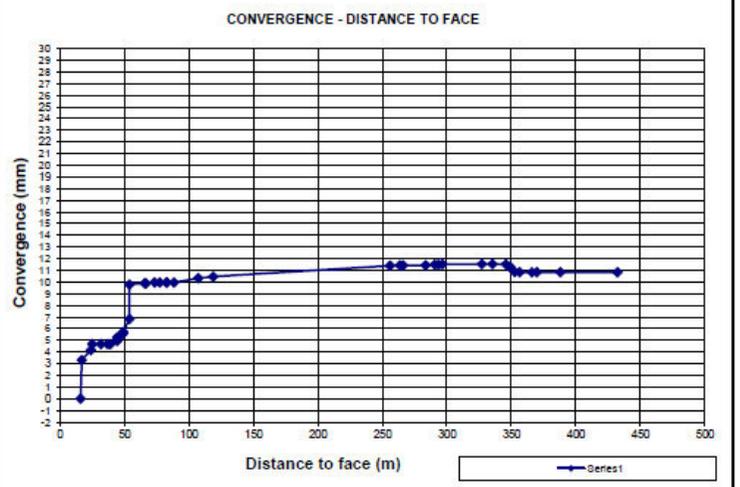
CONVERGENCE STATION SKETCH



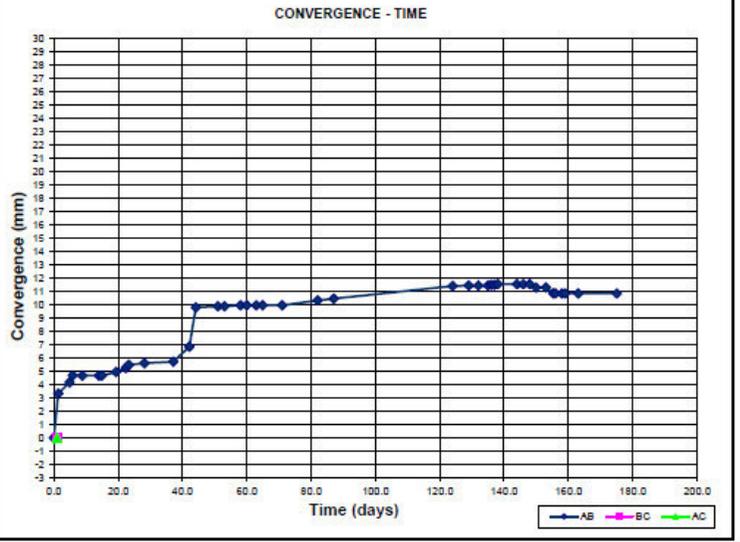
EXCAVATION DATE	1/04/2012	RMRc	34
INSTALLATION DATE	14/05/2012	SUPPORT	Suport type IV
DISTANCE TO FACE (m)	16.00	15.0 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Norw. ribs @ 1m, Systematic fully rock bolts@ 1.0 x 1.5 m, L= 3 m φ= 19 mm, 15.0 cm plain shotcrete. Rock bolts in floor L= 4 m φ = 32 mm. Concret Slab	

GEOLOGICAL DESCRIPTION

Carbonaceous shale with coal



DATE	TIME	Days to Origin	D.F. (m)	ROPE AB					ROPE BC					ROPE AC					Comments				
				AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	BC(mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	AC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)					
16	5/12/10	0	16.00	3992.81		0.00	0.00	0.00													Tunnel collapse 25/03/12 PK1+052.0		
17	5/12/19	1.4	16.90	3999.49		3.32	3.30	2.41													C. Slab 16/03/12 1+034.5 a 1+046.5		
21	5/12/7	0	24.00	3998.64		0.55	4.17	2.41													C. Slab 16/04/12 1+046.6 a 1+050.7		
22	5/12/7	0	25.00	3998.12		0.52	4.69	0.52													C. Slab 30/04/12 1+050.7 a 1+058		
25	5/12/7	0	31.60	3999.85		1.72	-0.01	4.59	0.00												C. Slab 15/05/12 1+058 a 1+065.0		
30	5/12/9	14.0	37.00	3999.02		-0.83	0.00	4.59	0.00														
31	5/12/8	30	39.00	3999.13		-0.89	0.00	4.59	0.00													121.36 mm calibracion de cinta	
4	6/12/18	0	44.30	3997.85		0.28	4.59	0.06															
7	6/12/18	0	22.3	3997.56		0.29	5.25	0.10															C. Slab 26/05/12 1+065 a 1+080.60
8	6/12/18	0	23.3	3997.33		0.23	5.48	0.23															Calibracion
13	6/12/14	0	28.2	3997.20		0.13	5.61	0.03															
22	6/12/14	0	37.2	3995.96		0.09	5.72	0.01															
27	6/12/14	0	42.2	3995.96		0.09	5.85	0.23															
28	6/12/14	0	44.2	3995.96		0.09	5.98	0.47															
29	6/12/14	0	46.2	3995.96		0.09	6.11	0.71															
31	7/12/10	0	51.0	3995.96		-0.03	6.24	0.94															
8	7/12/10	0	53.1	3995.96		0.03	6.37	1.17															
13	7/12/12	0	53.1	3995.96		0.03	6.50	1.40															
15	7/12/9	0	60.0	3992.94		0.43	6.63	1.63															
18	7/12/9	0	63.0	3992.27		-0.57	6.76	1.86															
20	7/12/9	0	65.0	3992.36		0.09	6.89	2.09															
26	7/12/10	35	71.0	3992.96		0.60	7.02	2.32															
6	8/12/10	35	82.0	3992.48		-0.12	7.15	2.55															
11	8/12/10	35	87.0	3992.35		0.13	7.28	2.78															
17	9/12/10	35	124.0	3990.45		-0.92	7.41	3.01															
22	9/12/10	35	129.0	3990.45		0.03	7.54	3.24															
25	9/12/11	0	132.0	3990.21		-0.24	7.67	3.47															
28	9/12/11	0	135.0	3981.13		0.92	7.80	3.70															
29	9/12/11	0	136.0	3981.07		0.06	7.93	3.93															
30	9/12/11	0	137.0	3981.01		0.00	8.06	4.16															
7	10/12/10	0	144.0	3983.01		2.87	8.19	4.39															
11	10/12/10	0	148.0	3982.78		-0.23	8.32	4.62															
13	10/12/10	0	148.0	3982.78		0.00	8.45	4.85															
15	10/12/10	0	153.0	3981.53		-0.01	8.58	5.08															
18	10/12/17	45	155.3	3981.53		-0.43	8.71	5.31															
19	10/12/9	0	156.0	3981.53		0.82	8.84	5.54															
21	10/12/9	0	158.0	3982.78		0.00	8.97	5.77															
22	10/12/9	0	159.0	3982.78		0.00	9.10	6.00															
26	10/12/11	0	163.0	3982.78		0.00	9.23	6.23															
7	11/12/11	0	175.0	3981.95		-0.82	9.36	6.46															



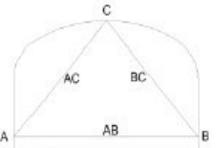


HEADRACE TUNEL FROM CHECRAS - DRIVE DR-04

CONVERGENCE MONITORING

STATION: PC-12 PK: 1+055.

CONVERGENCE STATION SKETCH

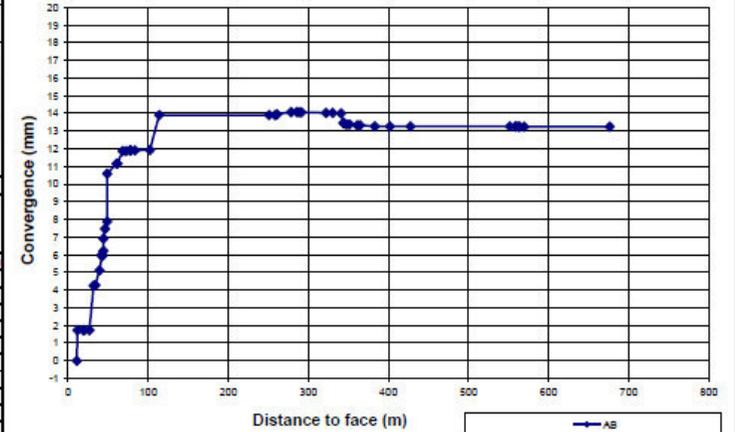


EXCAVATION DATE	1/04/2012	RMRc	34
INSTALLATION DATE	15/05/2012	SUPPORT	Support type IV
DISTANCE TO FACE (m)	11.00	15.0 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Norw. ribs @ 1m, Systematic fully rock bolts@ 1,0 x 1,5 m. L= 3 m φ= 19 mm, 15.0 cm plain shotcrete. Rock bolts in floor L= 4 m φ= 32 mm. Concret Slab	

GEOLOGICAL DESCRIPTION

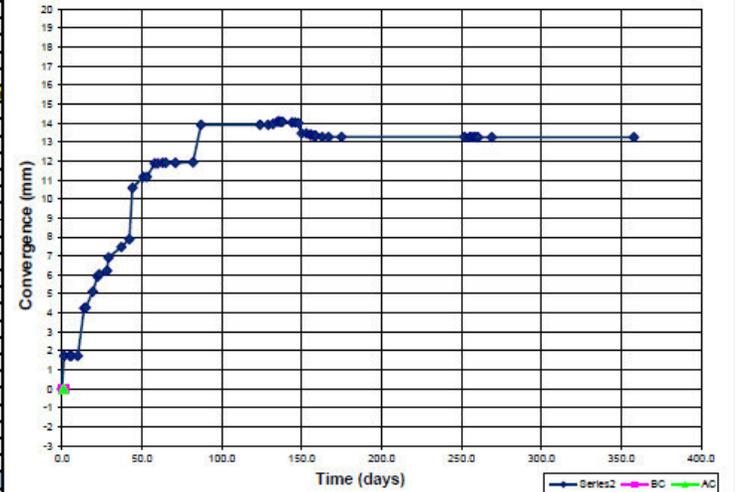
Carbonaceous shale with coal

CONVERGENCE - DISTANCE TO FACE



Distance to face (m)

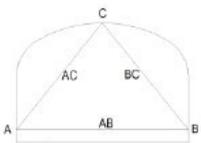
CONVERGENCE - TIME



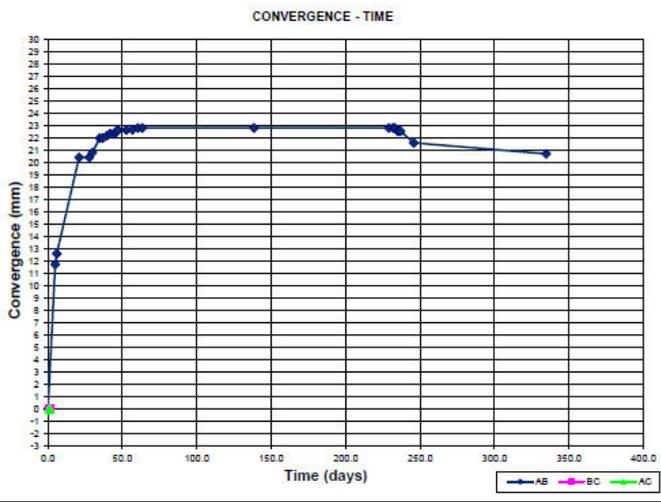
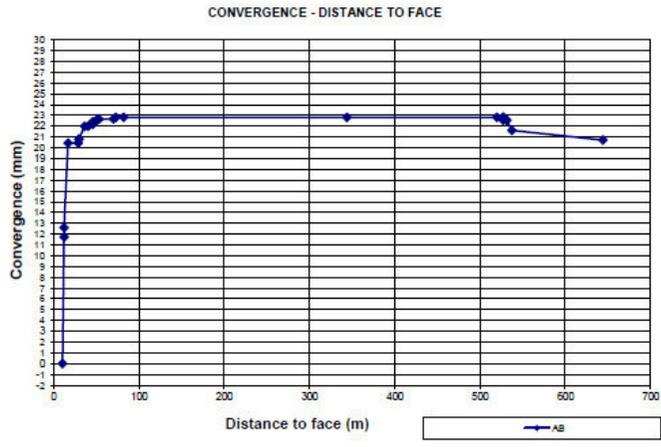
Time (days)

DATE	TIME	D.F.	ROPE AB					ROPE BC					ROPE AC					Comments							
			DD	MM	AA	hh	mm	Days to Origin	(m)	AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Aou. (mm)	V(mm/d)	BC(mm)	DL	Dif. Par (mm)		Dif. Aou. (mm)	V(mm/d)	AC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Aou. (mm)	V(mm/d)
16	5	12	10	0	0.0	11.0	4124.45			0.00	0.00	0.00													Tunnel collapse 25/03/12 PK 1+053.0
17	5	12	10	0	1.4	11.8	4122.73			1.73	1.73	1.26													C. Slab 30/04/12 1+050.7 a 1+058.0
21	5	12	7	0	4.9	19.0	4123.18			-0.55	0.00	0.00													C. Slab 15/05/12 1+058 a 1+065.0
22	5	12	7	0	5.9	20.0	4121.16			-1.02	0.00	0.00													C. Slab 26/05/12 1+065 a 1+080.00
26	5	12	7	0	5.9	26.6	4122.99			1.83	0.00	0.00													121.35 mm calibration de cnita
30	5	12	9	0	14.0	32.0	4120.21			-0.26	2.52	4.26													
31	5	12	8	30	14.9	34.0	4120.18			0.03	4.28	0.03													
4	5	12	18	0	19.3	39.30	4119.34			0.84	5.12	0.19													
7	5	12	18	0	22.3	42.40	4118.55			0.78	5.91	0.26													
8	5	12	18	0	23.3	42.40	4118.43			0.12	6.03	0.12													
13	5	12	14	0	28.2	44.10	4118.24			0.19	6.22	0.04													
14	5	12	14	0	29.2	44.10	4117.54			0.70	6.52	0.70													
22	5	12	16	0	37.2	46.2	4116.58			0.55	7.47	0.07													
27	5	12	14	0	42.2	48.9	4116.56			0.71	8.28	0.08													
29	5	12	14	0	43.1	49.1	4116.25			0.05	8.57	0.05													
6	7	12	10	0	51.0	60.7	4113.25			-0.05	11.16	0.08													
13	7	12	11	0	59.1	68.7	4112.29			0.05	11.97	0.14													
18	7	12	10	0	63.0	77.8	4112.55			-0.51	11.99	0.01													
20	7	12	9	0	65.0	77.8	4112.57			0.02	11.99	0.00													
26	7	12	10	35	71.0	83.5	4112.65			0.08	11.99	0.00													
6	8	12	10	35	82.0	102.3	4112.53			-0.10	11.93	0.00													
11	8	12	10	35	87.0	113.8	4109.56			-0.99	13.99	0.40													
17	9	12	10	35	124.0	251.0	4109.94			0.38	13.99	0.00													
22	9	12	10	35	129.0	256.5	4110.55			0.51	13.99	0.00													
25	9	12	11	0	132.0	261.0	4110.51			0.04	13.95	0.01													
28	9	12	11	0	135.0	278.6	4110.38			0.13	14.08	0.04													
29	9	12	11	0	136.0	285.6	4110.35			-0.03	14.08	0.00													
30	9	12	11	0	137.0	288.6	4110.39			0.03	-0.01	14.07	-0.01												
1	10	12	11	0	138.0	291.6	4109.99			-0.40	14.07	0.00													
8	10	12	10	0	144.0	322.2	4110.43			0.40	14.03	-0.01													
10	10	12	10	0	145.0	325.2	4110.20			0.00	14.03	0.00													
13	10	12	10	0	146.0	328.2	4110.20			0.00	14.03	0.00													
15	10	12	10	0	147.0	331.2	4110.20			0.00	14.03	0.00													
18	10	12	10	0	148.0	334.2	4110.20			0.00	14.03	0.00													
21	10	12	9	0	150.0	361.0	4112.54			0.33	-0.05	13.33	-0.03												
22	10	12	9	0	150.0	364.8	4111.74			-0.80	0.00	13.33	0.00												
26	10	12	9	0	163.0	383.0	4111.80			-0.05	13.27	-0.02													
30	10	12	9	0	167.0	402.0	4111.43			-0.37	0.00	13.27	0.00												
7	11	12	9	0	175.0	427.4	4111.32			-0.11	0.00	13.27	0.00												
23	1	13	10	0	252.0	551.7	4108.28			-3.04	0.00	13.27	0.00												
26	1	13	19	0	255.4	559.2	4108.39			0.11	0.00	13.27	0.00												Re-start measuring

	HEADRACE TUNEL FROM CHECRAS - DRIVE DR-04			CONVERGENCE MONITORING		PAGE 1 OF 1
	STATION: PC-17		PK: 1+087.			

CONVERGENCE STATION SKETCH	EXCAVATION DATE	30/05/2012	RMRc	31
	INSTALLATION DATE	7/06/2012	SUPPORT	Support type IV
	DISTANCE TO FACE (m)	10.40	5.0 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Lattice Girders@ 1m, 20.0 cm plain shotcrete, Spilling Bars D=32 mm, L=4.0 m, e=0.30 m. Concret Slab	
	GEOLOGICAL DESCRIPTION			

DATE	TIME	Days to Origin	D.F. (m)	ROPE AB				ROPE BC				ROPE AC				Comments			
				AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	BC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	AC (mm)	DL		Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)
8/6/12	16:00	0.0	10.4	4491.75		0.00	0.00	0.00											Avance Marco Noruego
13/6/12	14:00	6.5	12.0	4490.01		11.74	11.74	2.35											C. Stop 09/06/12 1+080.6 to 1+095.0
14/6/12	14:00	7.5	12.0	4479.14		10.87	10.87	1.86											
25/6/12	14:00	19.0	12.0	4473.31		7.83	7.83	0.90											
8/7/12	10:00	27.5	10.0	4471.83		0.52	0.00	29.44	0.00										
8/7/12	12:00	29.5	10.0	4470.94		0.87	0.37	29.81	0.19										
13/7/12	11:00	35.5	10.0	4469.19		1.15	1.15	29.00	0.34										C. Stop 07/07/12 1+095 to 1+114.5
15/7/12	9:00	37.5	10.0	4469.75		0.03	0.00	22.00	0.00										
18/7/12	9:00	39.7	10.0	4469.56		0.19	22.19	0.06											
20/7/12	9:00	41.7	10.0	4469.39		0.17	22.36	0.09											
23/7/12	9:00	44.7	10.0	4469.09		-0.27	0.03	22.39	0.01										C. Stop 21/07/12 1+114.5 to 1+132.0
24/7/12	9:00	45.7	10.0	4469.00		0.09	22.48	0.09											
25/7/12	9:45	46.7	10.0	4468.61		-0.21	0.16	22.66	0.17										
31/7/12	9:00	52.7	10.0	4468.82		0.21	0.00	22.66	0.00										8/07/12 1+138.50 Starting drill and
4/8/12	9:00	56.7	10.0	4469.00		0.00	22.66	0.00											
8/8/12	1:00	60.4	10.0	4468.82		0.15	22.83	0.04											
11/8/12	1:00	63.4	10.0	4468.55		0.03	0.00	22.83	0.00										
25/10/12	1:00	138.4	10.0	4468.92		0.27	0.00	22.83	0.00										
23/11/12	16:00	229.0	10.0	4454.45		-4.45	0.00	22.83	0.00										RE extra measuring
26/11/12	14:00	231.9	10.0	4454.35		-0.11	0.00	22.83	0.00										
27/11/12	14:00	232.9	10.0	4454.36		0.01	0.00	22.83	0.00										
29/11/12	14:00	234.9	10.0	4454.71		0.10	-0.25	22.58	-0.13										
30/11/12	14:00	235.9	10.0	4454.24		-0.47	0.00	22.58	0.00										
31/11/12	14:00	236.9	10.0	4454.72		0.47	-0.01	22.57	-0.01										
9/12/12	11:00	245.8	10.0	4455.57		-0.95	21.62	-0.11											Tape error. Recalibrated
9/12/12	11:00	244.8	10.0	4455.57		-0.90	20.72	-0.01											



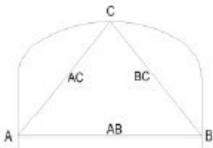


HEADTRACE TUNEL FROM CHECRAS - DRIVE DR-04

CONVERGENCE MONITORING

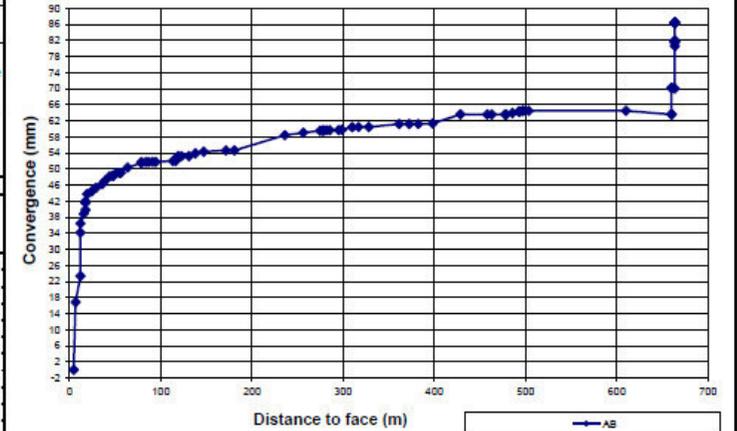
STATION: PC-23 PK: 1+121.

CONVERGENCE STATION SKETCH

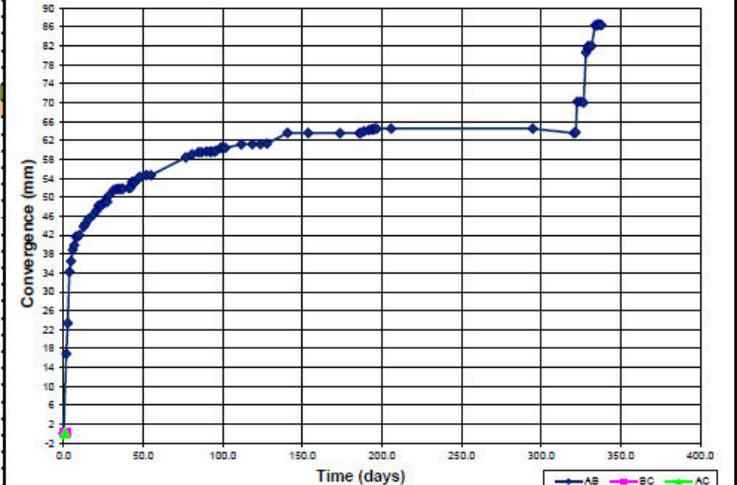


EXCAVATION DATE	6/07/2012	RMRc	31
INSTALLATION DATE	14/07/2012	SUPPORT	Suport type IV
DISTANCE TO FACE (m)	4.50	15.0 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Norw. ribs @ 1m, Systematic fully rock bolts@ 1,0 x 1,5 m. L= 3 m φ= 19 mm, 15.0 cm plain shotcrete. Rock bolts in floor L= 4 m φ= 32 mm. Concret Slab	
GEOLOGICAL DESCRIPTION			
Carbonaceous shale with coal			

CONVERGENCE - DISTABCE TO FACE

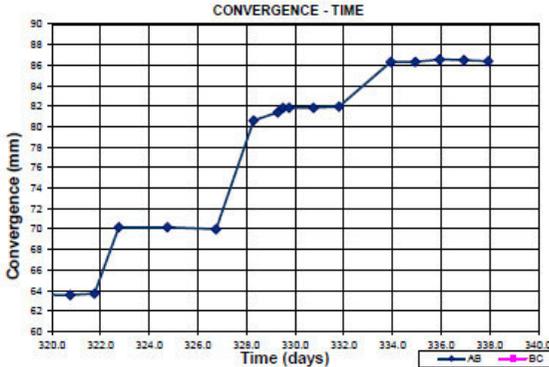
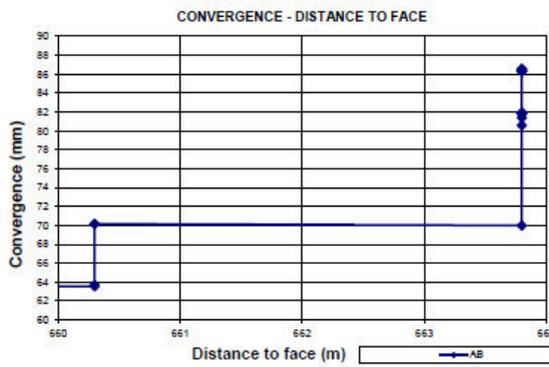


CONVERGENCE - TIME



DATE	TIME	Days to Origin	D.F.	ROPE AB						
DD MM AA	hh mm		(m)	AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. AuL (mm)	V(mm/d)		
22	10	12	11	0	35.8	298.8	4354.25	0.00	58.78	0.08
25	10	12	10	0	39.8	310.0	4363.62	0.66	60.42	0.22
26	10	12	10	0	39.8	317.0	4363.60	0.02	60.44	0.02
28	10	12	10	0	101.8	328.3	4363.75	-0.15	60.44	0.00
7	11	12	10	0	111.8	361.4	4362.84	-0.15	61.20	0.08
14	11	12	10	0	118.8	372.5	4362.40	-0.44	61.20	0.00
19	11	12	10	0	123.8	382.5	4362.92	0.52	61.20	0.00
23	11	12	10	0	127.8	398.1	4362.71	-0.08	61.33	0.03
6	12	12	10	0	140.8	428.6	4360.46	2.25	63.58	0.17
19	12	12	10	0	153.8	458.0	4360.48	0.0	63.58	0.00
8	1	13	10	0	173.8	463.0	4360.48	0.0	63.55	0.00
20	1	13	10	0	195.8	477.5	4356.48	-4.01	63.55	0.00
21	1	13	10	0	196.8	478.5	4356.76	0.28	63.55	0.00
23	1	13	10	0	198.8	485.7	4356.10	-0.66	63.53	0.18
29	1	13	10	0	198.8	493.7	4356.53	-0.06	64.34	0.05
30	1	13	10	0	198.8	497.0	4356.58	-0.27	64.48	0.14
31	1	13	10	0	198.8	497.5	4354.82	-0.46	64.48	0.00
1	2	13	11	0	205.8	503.5	4355.55	-0.73	64.48	0.00
9	2	13	11	0	234.8	510.4	4355.96	-0.48	64.48	0.00
4	6	13	10	0	320.8	560.3	4328.13	-2.14	63.55	0.00
5	6	13	10	0	321.8	560.3	4338.99	0.14	63.69	0.14
6	6	13	10	0	322.8	560.3	4332.51	-6.48	70.17	6.48
8	6	13	10	0	324.8	560.3	4332.51	0.00	70.17	0.00
10	6	13	10	0	326.8	563.8	4332.69	-0.18	69.99	-0.09
11	6	13	23	0	328.3	563.8	4322.09	-10.60	80.69	6.88
12	6	13	23	0	329.3	563.8	4321.29	0.80	81.39	0.80
13	6	13	4	0	329.5	563.8	4320.46	-0.38	81.84	-2.16
13	6	13	10	0	329.8	563.8	4320.84	0.38	81.84	0.00
14	6	13	10	0	320.8	563.8	4320.85	0.11	81.84	0.00
15	6	13	11	15	331.8	563.8	4320.73	-0.11	81.95	0.10
17	6	13	14	30	333.8	563.8	4316.36	4.37	85.32	2.05
18	6	13	14	30	334.8	563.8	4316.36	0.00	85.32	0.00
19	6	13	14	30	335.8	563.8	4316.12	-0.24	85.32	0.00
20	6	13	14	30	336.8	563.8	4316.16	-0.06	85.30	-0.06
21	6	13	14	30	337.8	563.8	4316.16	-0.12	85.38	-0.12
21	6	13	14	30	337.8	563.8	4316.16	-0.12	85.38	-0.12

ROPE AB - DETAIL CHART



Comments

Re-start Measuring

Point moved

Re-start Measuring

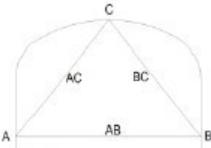


HEADRACE TUNEL FROM CHECRAS - DRIVE DR-04

CONVERGENCE MONITORING

STATION: PC-25 PK: 1+130.

CONVERGENCE STATION SKETCH



EXCAVATION DATE 17/07/2012

RMRc 31

INSTALLATION DATE 25/07/2012

SUPPORT Suport type IV

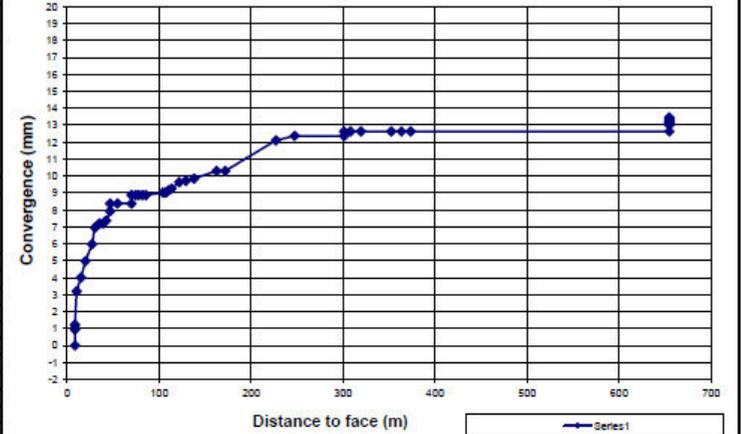
DISTANCE TO FACE (m) 8.50

5.0 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Lattice Girders@ 1m, 20.0 cm plain shotcrete, Spilling Bars D=32 mm, L=4.0 m, e=0.30 m. Concret Slab

GEOLOGICAL DESCRIPTION

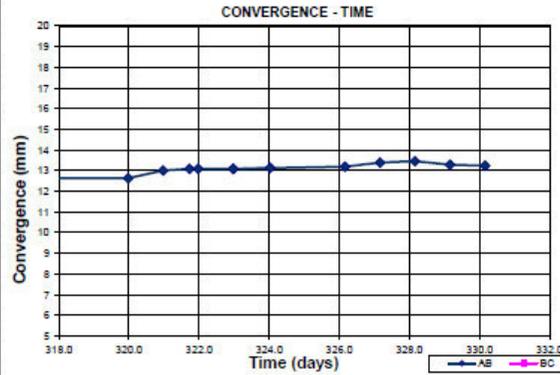
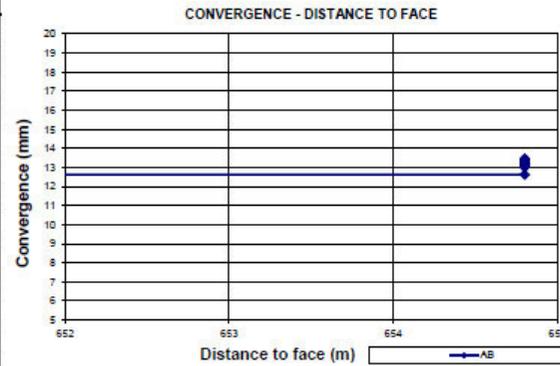
Carbonaceous shale with coal

CONVERGENCE - DISTABCE TO FACE



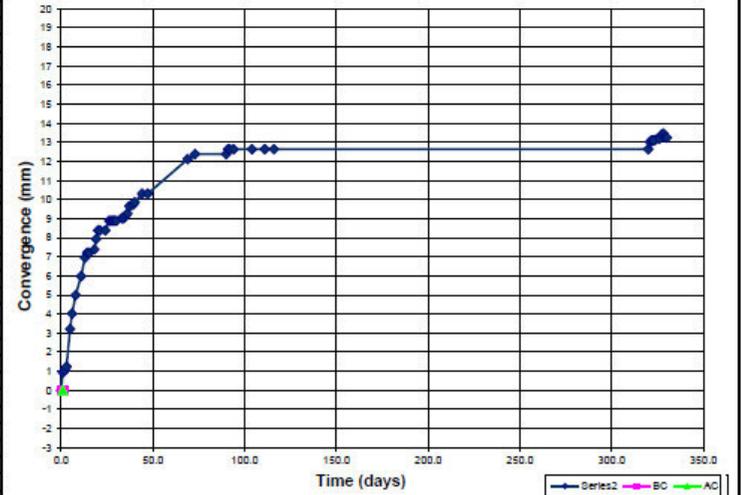
DATE		TIME		Days to Origin	D.F. (m)	ROPE AB				
DD	MM	AA	hh			mm	AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)
14	5	13	10	0	323.0	654.8	4748.87	-0.05	13.08	0.05
17	5	13	14	30	326.2	654.8	4748.77	0.10	13.19	0.03
18	5	13	14	30	327.2	654.8	4748.57	0.20	13.39	0.20
19	5	13	14	30	328.2	654.8	4748.50	0.07	13.46	0.07
20	5	13	14	30	329.2	654.8	4748.57	-0.17	13.29	-0.17
21	5	13	14	30	330.2	654.8	4748.72	-0.05	13.24	-0.05

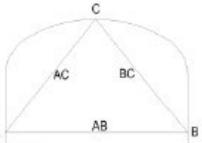
ROPE AB - DETAIL CHART

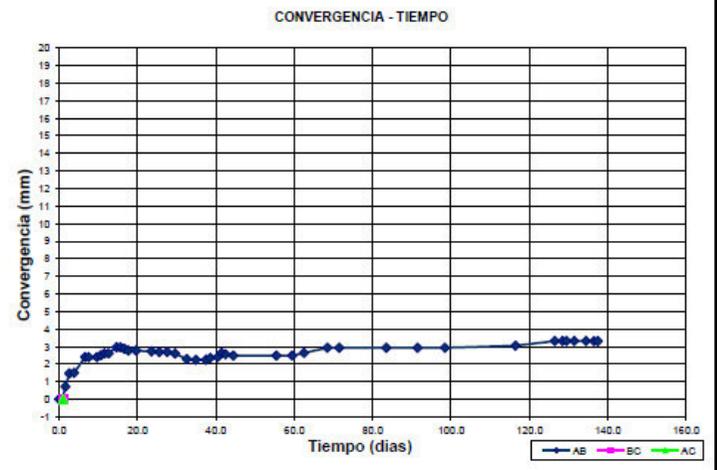
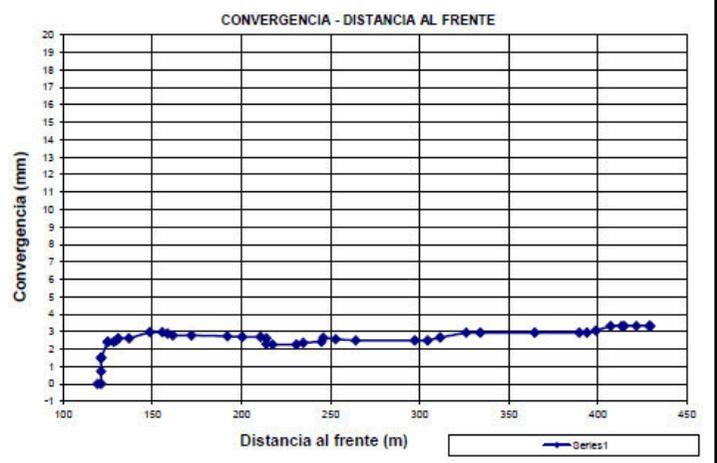


Comments

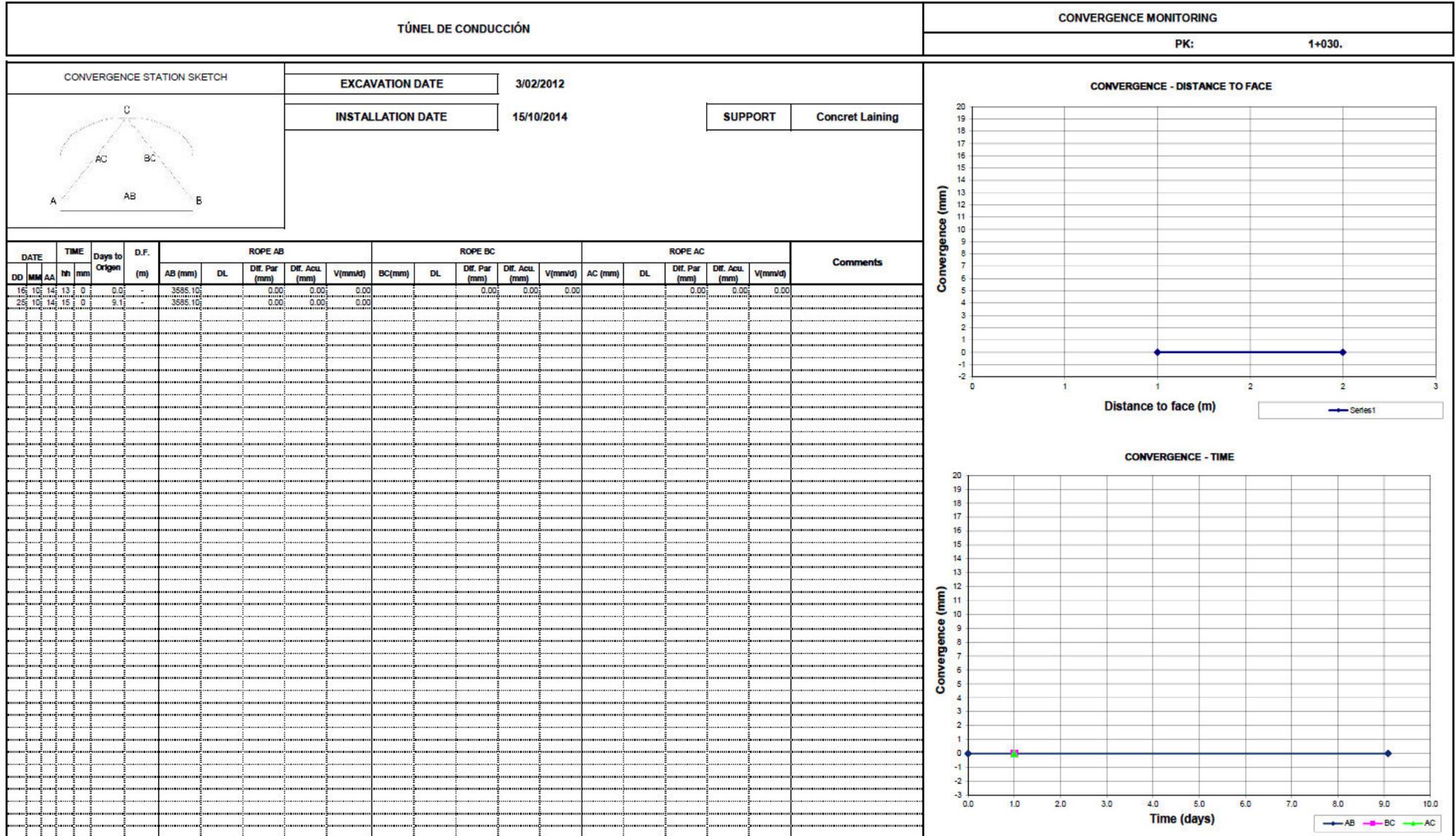
CONVERGENCE - TIME

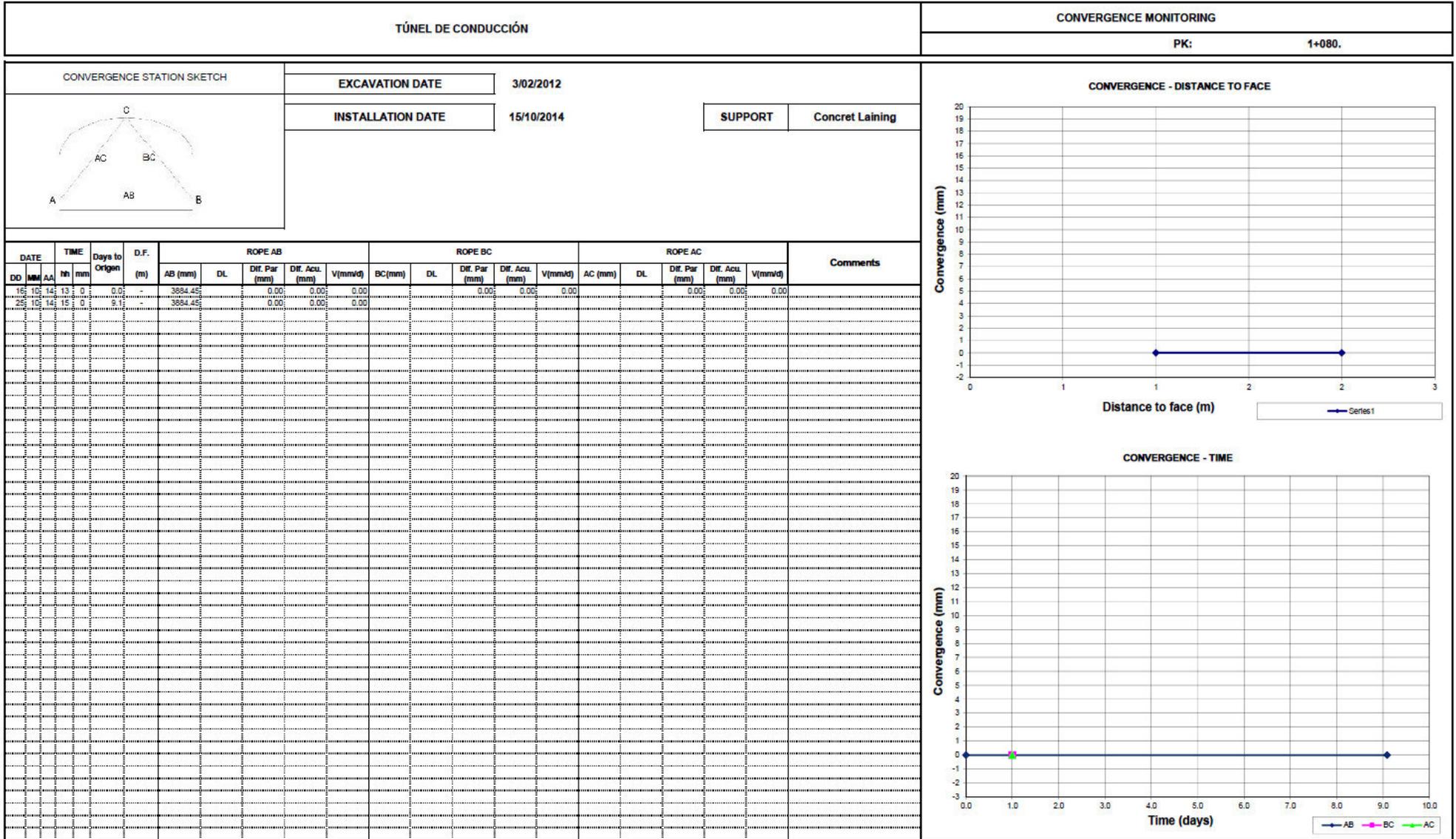


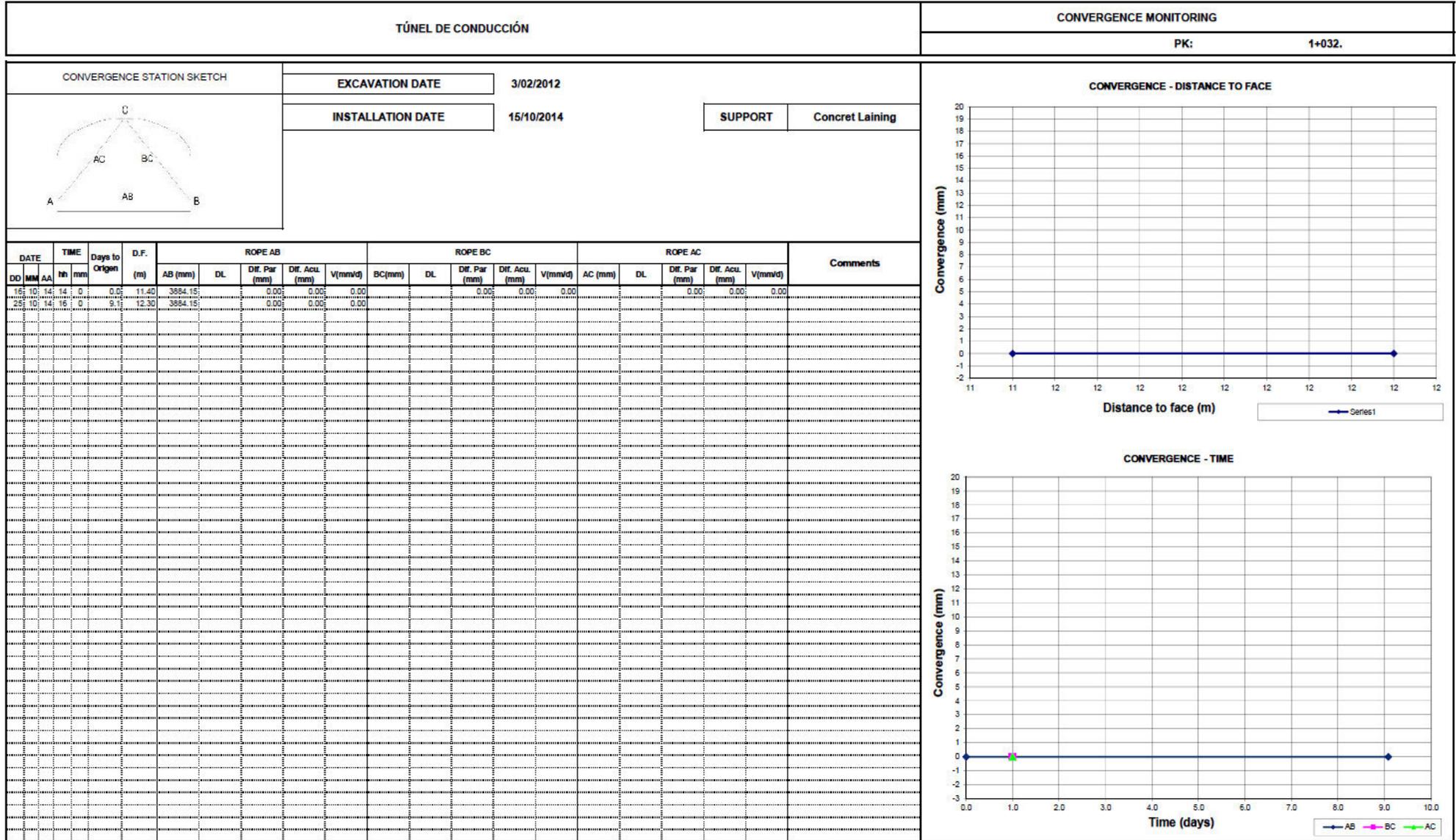
Subterra Ingeniería		CCH CHEVÉS		HEADRACE TUNEL FROM CHECRAS - DRIVE DR-04										MEDIDAS DE CONVERGENCIA		HOJA 1 DE 1							
Ubicación de puntos de referencia y cuerda medida				Fecha de excavación:		16/08/2012		RMRc		55		ESTACION:		PC-29		SITUACION:		1+185.					
				Fecha de colocación:		12/09/2012		SECC.TIPO		Suport type III		10 cm Fiber reinforced shotcrete on whole section, Rock Bolt 1.5 x 1.5 ; Row 7-8 ; L= 4m; D= 32mm.											
				Distancia al frente (m):		433.00		Descríp. litoestructural: Carbonaceous shale															
FECHA		HORA		Diac al origen		D.F.		Cuerda medida										Observaciones					
DD	MM	AA	hh	mm	(m)	AB (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	BC(mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)	AC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Acu. (mm)	V(mm/d)			
30	1	13	8	0	138.5	433.0	5664.65	-0.59	0.00	3.31					0.00	0.00							
31	1	13	8	0	139.5	433.5	5664.53	-0.12	0.00	3.31					0.00	0.00							
31	2	13	11	0	148.5	439.5	5666.35	1.82	0.00	3.31					0.00	0.00							
31	5	13	11	0	237.5	545.4	5667.55	1.20	0.00	3.31					0.00	0.00							
																							Tape error



**ANEXO 02: REGISTRO Y CALCULO DE LAS CONVERGENCIAS DEL
SOSTENIMIENTO FINAL**



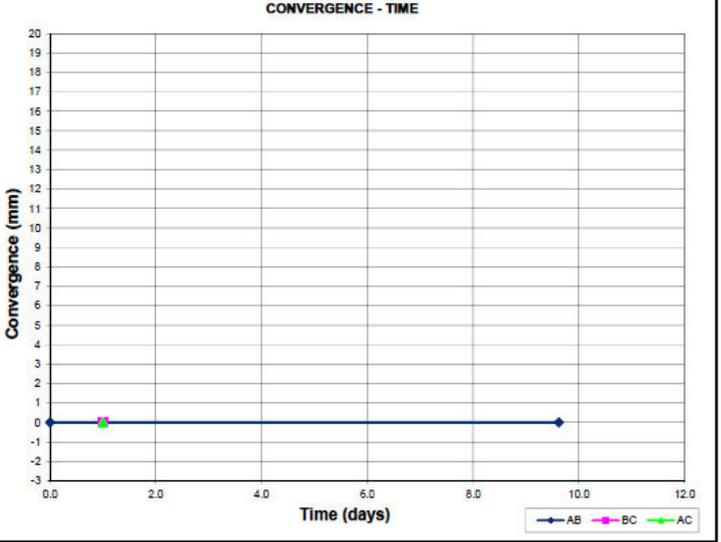
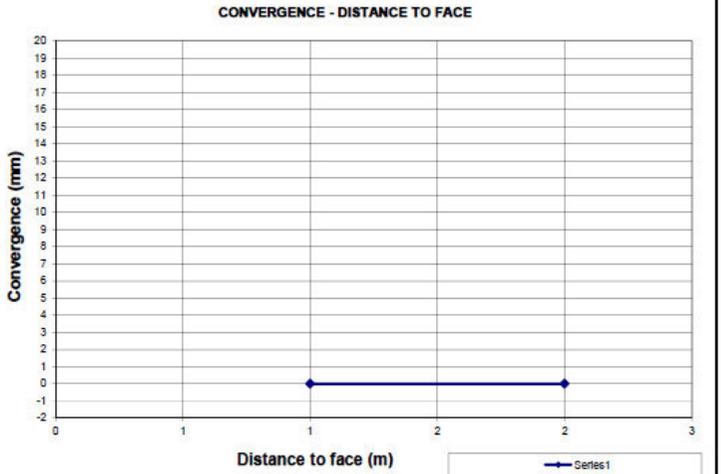




TÚNEL DE CONDUCCIÓN	CONVERGENCE MONITORING
	PK: 2+150.

CONVERGENCE STATION SKETCH	EXCAVATION DATE	3/02/2012	
	INSTALLATION DATE	15/10/2014	SUPPORT
			Concret Laining

DATE				TIME		Days to Origin	D.F. (m)	ROPE AB				ROPE BC				ROPE AC				Comments
DD	MM	AA	hh	mm	AB (mm)			DL	Dif. Par (mm)	Dif. Act. (mm)	V(mm/d)	BC(mm)	DL	Dif. Par (mm)	Dif. Act. (mm)	V(mm/d)	AC (mm)	DL	Dif. Par (mm)	
16	10	14	19	0	0.00	-	3884.50	0.00	0.00	0.00										
26	10	14	10	0	9.6	-	3884.50	0.00	0.00	0.00										



**ANEXO 03: DISEÑO DE CONCRETO LANZADO PARA ROCA TIPO III Y
PARA ROCA TIPO IV.**

**SHOTCRETE 32/40 MIX DESIGN
USING CEMENT TYPE IP
WITHOUT FIBERS
PE-CHP_MAT_RP-032
Quality Department**



CHEVES
Hydropower Project

Quality Department
Laboratory

PE-CHP_MAT_RP-032
Shotcrete 32/40 Mix
Design Using Cement IP
Without Fibers

Page 1 of 6
13.03.2012
Index 01
Sign CLL

01	13.03.2012	Including 28 days strenght resistance results / <i>Incluye Resultados a 28 dias</i>
00	01.02.2012	Issued for Review / <i>Emitido para Revisión</i>
Rev.	Date/Data	Description / Descripción del Cambio

	PREPARED BY <i>Elaborado por</i> Lab. Technician	REVIEWED BY <i>Revisado por</i> Material Expert	APPROVED BY <i>Aprobado por</i> Quality Manager
Name / Nombre:	Jose Pacahuala	Jaimé Cortes	Carlos Leal
Date / Fecha:	13.03.2012	13.03.2012	13.03.2012
Signature / Firma:			

1. Scope

This shotcrete mix design has been developed using cement type IP in order to obtain a sulphate resistant shotcrete. This shotcrete is design to be used as a finishing layer in the powerhouse cavern. This shotcrete is also design to avoid the possible alkali reactions.

The report includes results at 1, 7 and 28 days strength resistance, slump/time analysis and the required fresh concrete tests, such as slump, air content and temperature.

2. Materials used

Cement Atlas– Type IP
Sika Viscocrete 1110 – Superplasticizer
Sika Sigunit L-50 AF – Alkali Free Accelerator
Sika TARD PE – Retardant

3. Mix Design

Note: The W/C ratio used for the design is 0.40 compliant with the ACI Standards for a Sulphate resistance concrete and the technical specifications of the Contract C – Volume 3B (≈ 0.40).

Component of the Mix	%	kg/m3	Volume (m ³)
ATLAS IP Cement	---	425	0.147
Free Water - Río Checras	---	170	0.170
Absorption Water	---	30	---
Washed Crushed Sand		1682	0.637
Sika Viscocrete 1110	1.9%	8.08	0.008
Sika TARD PE	0.2%	0.85	0.001
Entrapped Air	3.5%		0.035
Unit Weight (Kg/m ³) / Volume (m ³)		2324	1.000
Alkali Free Accelerant SIGUNIT L50 AF	6.9%	29.3	

- The source of the aggregates is 15 % Pacchotingo quarry material and 85 % (approximately) Checras quarry.

CHEVES
Hydropower Project

Quality Department
Laboratory

PE-CHP_MAT_RP-032
Shotcrete 32/40 Mix
Design Using Cement IP
Without Fibers

Page 3 of 6
13.03.2012
Index 01
Sign CLL

CHEVES

Hydropower Project

Quality Department
Laboratory

PE-CHP_MAT_RP-022
Shotcrete 32/40 Mix
Design Using Cement IP

Page 4 of 6

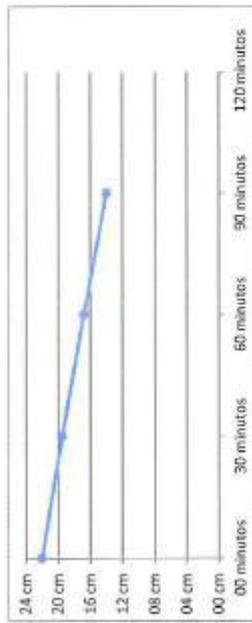
05.01.2012

Index 01

Sign CLL

Loss of Slump Without Accelerant (Slump vs. Time)

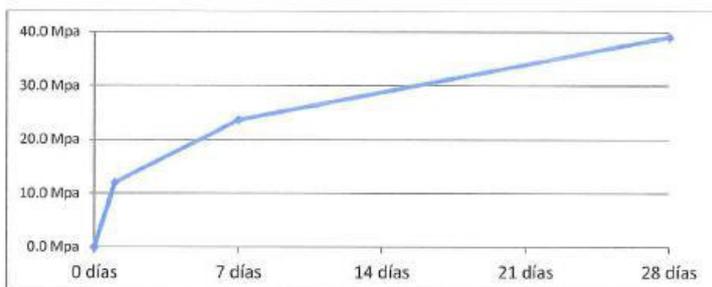
Time	00 minutes	30 minutes	60 minutes	90 minutes
Slump	22 cm	20 cm	17 cm	14 cm
T °C	20.6 °C	20.9 °C	21.3 °C	21.8 °C



STRENGTH COMPRESSION RESISTANCE OF CORE DRILLED SAMPLES OF SHOTCRETE C32/40 REFERENCED STANDARD ASTM C 39 (04)

Sample ID	Date of Sampling	Date of Test	Age (Days)	Sample Diameter (mm)	Height of the Sample (mm)	Area of the Sample (mm ²)	Slenderness h/d	Slenderness Factor	P (máx) kN	R'c (Mpa)	Type of Failure
D-355	01/02/2012	02/02/2012	1	74.0	92.0	4300.8	1.24	0.928	61.3	13.2	2
D-356	01/02/2012	02/02/2012	1	73.9	93.3	4289.2	1.26	0.931	68.0	14.8	2
D-357	01/02/2012	02/02/2012	1	73.9	85.7	4289.2	1.16	0.912	38.4	8.2	3
D-358	01/02/2012	08/02/2012	7	74.2	98.0	4324.1	1.32	0.940	98.8	21.5	2
D-359	01/02/2012	08/02/2012	7	73.0	82.5	4185.4	1.13	0.905	108.2	23.4	3
D-360	01/02/2012	08/02/2012	7	74.2	97.0	4324.1	1.31	0.938	120.3	26.1	3
D-361	01/02/2012	29/02/2012	28.0	74.2	92.2	4324.1	1.24	0.928	169.8	36.4	2
D-362	01/02/2012	29/02/2012	28.0	74.0	97.0	4300.8	1.31	0.939	174.9	38.2	1
D-363	01/02/2012	29/02/2012	28.0	73.9	92.4	4289.2	1.25	0.929	196.4	42.6	1

Strength Compression Resistance			
Age (Days)	Average Resistance (Mpa)	% Reached	% Required
1	12.1	37.7%	30.0%
7	23.7	74.0%	60.0%
28	39.1	122.1%	100.0%



Unit Weight				
Sample ID	Weight of the sample (g)	Weight of the sample immersed (g)	Volume of the sample (cm ³)	Unit Weight (kg/m ³)
D-355	876	493	383	2287
D-356	895	505	390	2295
D-357	808	453	355	2276
D-358	890	498	392	2270
D-359	801	452	349	2295
D-360	882	498	384	2297
D-361	887	500	387	2292
D-362	933	524	409	2281
D-363	898	509	389	2308
Yield				0.98

- P (max): Maximum Load in Kilo Newton
- R_c : Resistance to compression in Mega Pascal's
- The process of extraction of core drilled samples is according to the standard, from a panel of 1.00 x 1.00 x 0.15 mts.
- Samples cured in laboratory conditions until the date of testing. Condition of the test: Surface Dry
- The Unit Weight has been calculated in the conditions of the test

Types of Fracture (ASTM C39)

- 1: Cone
- 2: Cone and Split
- 3: Cone and Shear
- 4: Shear
- 5: Columnar

CHEVES
Hydropower Project

Quality Department
Laboratory

PE-CHP_MAT_RP-022
Shotcrete 32/40 Mix
Design Using Cement I

Page 5 of 6
05.01.2012
Index 01
Sign CLL

Ubicación 000	PIE CON	Correlativo 003479
------------------	------------	-----------------------



Cementos Lima S.A.A.

INFORME DE CALIDAD

Envase

TIPO DE CEMENTO: Cemento Tipo IP

VEHÍCULO: B6R846 - A3C991

COMPOSICIÓN PROMEDIO DEL LOTE: SILO DE CEMENTO No.4

FECHA: 05/09/2011

REMITIDO A: CONSTRUCTORA CHEVES S.A.C.

CÓD. LOTE: 2011060682

ANÁLISIS QUÍMICO	VALORES	REQUISITOS CEMENTOS PORTLAND NTP 334.090, ASTM C-595	
DIÓXIDO DE SÍLICE (SiO ₂), %	27.10		
OXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃), %	6.82		
OXIDO DE FIERRO (Fe ₂ O ₃), %	5.23		
OXIDO DE CALCIO (CaO), %	51.21		
OXIDO DE MAGNESIO (MgO), %	2.70	máx.	6.00 %
TRÍOXIDO DE AZUFRE (SO ₃), %	3.66	máx.	4.00 %
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O), %	0.95		
OXIDO DE SODIO (Na ₂ O), %	0.19		
PERDIDA POR IGNICIÓN (P.I.), %	1.63	máx.	5.00 %
ENSAYO FINEZAS			
Retenidos en malla 325, %	2.80		
Superficie específica BLAINE, m ² /kg	479.00		
Este informe muestra las CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL PROMEDIO DEL LOTE DE PRODUCCIÓN confirmando que este cemento cumple las especificaciones de las Normas Técnicas NTP 334.090, ASTM C-595.			

F. Cierre: 05/09/2011

No. Cierre: 347

MEDINA LLANOS RAFAEL MARTIN
División de Control de Calidad





CHEVES
HYDROPOWER
PROJECT

Ubicación	PIE	Correlativo
000	00N	006712

No llenar. De uso exclusivo del Departamento de Calidad

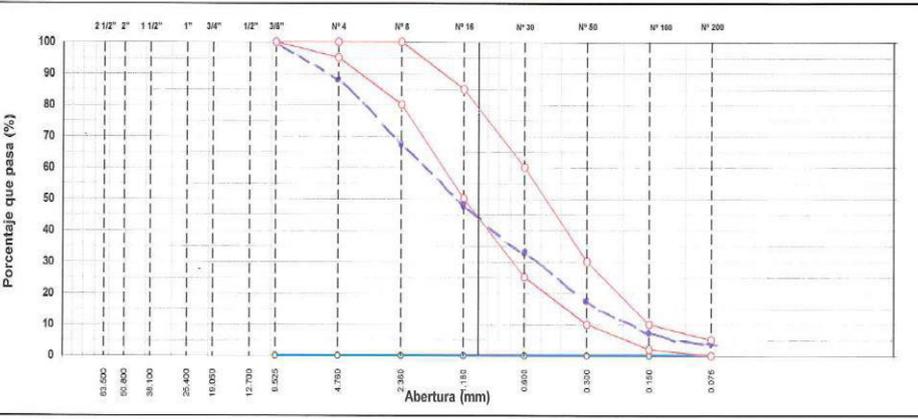
LABORATORIO DE AUTOCONTROL

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM C 136**

OBRA : CENTRAL HIDROELECTRICA CHEVES MATERIAL : Arena Triturada - Lavada para <u>CONCRETO y SHOTCRETE.</u> MUESTRA : Planta FINLAY CANTERA : Río Checras	N° REGISTRO : TÉCNICO : GOM ING° RESP. : CL FECHA : 22-11-11 HECHO POR : J.P.A
---	---

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					ASTM	PESO TOTAL = 822.1 gr
2 1/2"	63.500					C 33	PESO LAVADO = — gr
2"	50.800						PESO FINO = — 0.0 gr
1 1/2"	38.100						LÍMITE LÍQUIDO = — N.P. %
1"	25.400						LÍMITE PLÁSTICO = — N.P. %
3/4"	19.050						ÍNDICE PLÁSTICO = — N.P. %
1/2"	12.700						Ensayo Malla #200 P.S. Seco P.S. Lavado % 200
3/8"	9.525				100.0		HF = 3.39
# 4	4.760	106.7	13.0	13.0	87.0		MÓDULO DE FINURA = 4.0 %
# 8	2.360	169.7	20.6	33.6	66.4		EQUIV. DE ARENA = — %
# 16	1.180	150.3	18.3	51.9	48.1		PESO ESPECÍFICO:
# 30	0.600	122.8	14.9	66.8	33.2		P.E. Bulk (Base Seca) = — gr/cm ³
# 50	0.300	123.9	15.1	81.9	18.1		P.E. Bulk (Base Saturat) = 2.639 gr/cm ³
# 100	0.150	84.3	10.3	92.2	7.8		P.E. Aparente (Base Se) = — gr/cm ³
# 200	0.075	35.6	4.3	96.5	3.5		Absorción = 2.14 %
< # 200	FONDO	28.8	3.5	100.0	0.0.		PESO UNIT. SUELTO = — kg/m ³
FINO							PESO UNIT. VARILLADO = — kg/m ³
TOTAL							% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad
OBSERVACIONES:							

CURVA GRANULOMÉTRICA



EJECUTOR:	SUPERVISOR:
	
FECHA:	FECHA:

	Ubicación	PIE	Correlativo
	000	CON	006713
No llenar. De uso exclusivo del Departamento de Calidad			
CHEVES HYDROPOWER PROJECT	LABORATORIO DE AUTOCONTROL		

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS
(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO

OBRA	: CENTRAL HIDROELECTRICA CHEVES	Nº REGISTRO	:
TRAMO	:	TÉCNICO	: GQE
MATERIAL	: ARENA LAVADA PARA CONCRETO	INGº RESP.	: MKN
CALICATA	: Y SHOTCRETE.	FECHA	: 22-11-11
MUESTRA	:	HECHO POR	: JPA.
PROFUND.	:	DEL KM	:
CANTERA	: RIO CHECRAS.	AL KM	:
UBICACIÓN	:	CARRIL	:

DATOS DE LA MUESTRA

AGREGADO FINO				
A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	301.2	300.5	
B	Peso frasco + agua (gr)	659.8	659.8	
C	Peso frasco + agua + A (gr)	961.0	960.3	
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	846.6	846.7	
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	114.4	113.6	
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	294.5	294.6	
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm3)	107.7	107.7	
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.574	2.593	PROMEDIO
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.633	2.645	2.584
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.734	2.735	2.639
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	2.28%	2.0%	2.735
				2.14%

OBSERVACIONES:

EJECUTOR:		SUPERVISOR:	
FECHA:		FECHA:	

 Constructora CHEVES	Ubicación	M/E	Correlativo
	000	CON	006713
No llenar. De uso exclusivo del Departamento de Calidad			
CHEVES HYDROPOWER PROJECT	LABORATORIO DE AUTOCONTROL		

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS
(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO	
OBRA :	CENTRAL HIDROELECTRICA CHEVES
TRAMO :	
MATERIAL :	ARENA LAVADA PARA CONCRETO
CALICATA :	Y SHOTCRETE.
MUESTRA :	
PROFUND. :	
CANTERA :	RIO CHECRAS.
UBICACIÓN :	
N° REGISTRO :	
TÉCNICO :	GQE
ING° RESP. :	MKN
FECHA :	22-11-11
HECHO POR :	JPA.
DEL KM :	
AL KM :	
CARRIL :	

DATOS DE LA MUESTRA

AGREGADO FINO			
A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	301.2	300.5
B	Peso frasco + agua (gr)	659.8	659.8
C	Peso frasco + agua + A (gr)	961.0	960.3
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	846.6	846.7
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	114.4	113.6
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	294.5	294.6
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm3)	107.7	107.7
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.574	2.593
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.633	2.645
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.734	2.735
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	2.28%	2.0%
			PROMEDIO
			2.584
			2.639
			2.735
			2.14%

OBSERVACIONES:

EJECUTOR:	SUPERVISOR:
	
FECHA:	FECHA:

**SHOTCRETE 32/40 MIX DESIGN
USING CEMENT TYPE IP
PE-CHP_MAT_RP-022
Quality Department**



CHEVES
Hydropower Project

Quality Department
Laboratory

PE-CHP_MAT_RP-022
Shotcrete 32/40 Mix
Design Using Cement IP

Page 1 of 6
05.01.2012
Index 02
Sign CLL

02	05.01.2011	With a W/C ratio of 0.40
01	04.12.2011	Issued for Approval/ <i>Emitido para Aprobación</i>
00	04.12.2011	Issued for Review / <i>Emitido para Revisión</i>
Rev.	Date/Data	Description / Descripción del Cambio

	PREPARED BY <i>Elaborado por</i> Lab. Technician	REVIEWED BY <i>Revisado por</i> Material Expert	APPROVED BY <i>Aprobado por</i> Quality Manager
Name / <i>Nombre:</i>	Godo Quispe	Jaime Cortes	Carlos Leal
Date / <i>Fecha:</i>	05.01.2012	05.01.2012	05.01.2012
Signature / <i>Firma:</i>			

1. Scope

This shotcrete mix design has been developed using cement type IP in order to obtain a sulphate resistant shotcrete. This shotcrete is design to be used in all the tunnels whether or not there water with higher sulphates level. This shotcrete is also design to avoid the possible alkali reactions.

The report includes results at 1, 7 and 28 days strength resistance, slump/time analysis and the required fresh concrete tests, such as slump, air content and temperature.

2. Materials used

Cement Atlas– Type IP
Sika Viscocrete 1110 – Superplasticizer
Sika Sigunit L-50 AF – Alkali Free Accelerator
Sika TARD PE – Retardant
Barship 54 Fiber

3. Mix Design

Note: The W/C ratio used for the design is 0.40 compliant with the ACI Standards for a Sulphate resistance concrete and the technical specifications of the Contract C – Volume 3B (≈ 0.40).

Component of the Mix	%	kg/m ³	Volume (m ³)
ATLAS IP Cement	---	425	0.147
Free Water - Río Checras	---	170	0.170
Absorption Water	---	30	---
Washed Crushed Sand		1682	0.637
Sika Viscocrete 1110	1.9%	8.08	0.008
Sika TARD PE	0.2%	0.85	0.001
BARCHIP 54 Fiber		3.0	0.003
Entrapped Air	3.5%		0.035
Unit Weight (Kg/m ³) / Volume (m ³)		2319	1.000
Alkali Free Accelerant SIGUNIT L50 AF	6.9%	29.3	

- The source of the aggregates is 15 % Pacchotingo quarry material and 85 % (approximately) Checras quarry.

CHEVES
Hydropower Project

Quality Department
Laboratory

PE-CHP_MAT_RP-022
Shotcrete 32/40 Mix
Design Using Cement IP

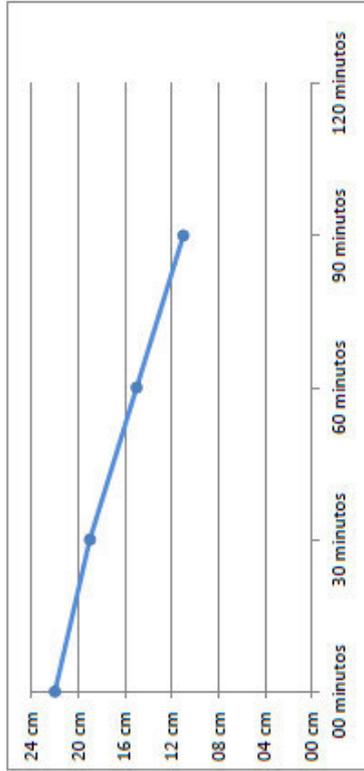
Page 3 of 6
05.01.2012
Index 02
Sign CLL

CHEVES
Hydropower Project
Quality Department
Laboratory

PE-CHP_MAT_RP-022
Shotcrete 32/40 Mix
Design Using Cement IP

Page 4 of 6
05.01.2012
Index 01
Sign CLL

Loss of Slump Without Accelerant (Slump vs. Time)				
Time	00 minutes	30 minutes	60 minutes	90 minutes
Slump	22 cm	19 cm	15 cm	11 cm
T °C	21.2 °C	21.8 °C	22.6 °C	23.7 °C



STRENGTH COMPRESSION RESISTANCE OF CORE DRILLED SAMPLES OF SHOTCRETE C32/40 REFERENCED STANDARD ASTM C 39 (04)

Sample ID	Date of Sampling	Date of Test	Age (Days)	Sample Diameter (mm)	Height of the Sample (mm)	Area of the Sample (mm ²)	Slenderness h/d	Slenderness Factor	P (máx) kN	R'c (Mpa)	Type of Failure
LA-563	06/12/2011	07/12/2011	1	75.4	138.0	4465.1	1.83	0.985	112.9	24.9	3
LA-564	06/12/2011	07/12/2011	1	75.5	112.0	4477.0	1.48	0.959	115.3	24.7	2
LA-565	06/12/2011	07/12/2011	1	75.4	111.1	4465.1	1.47	0.958	114.0	24.5	2
LA-566	06/12/2011	13/12/2011	7	75.5	77.8	4477.0	1.03	0.879	193.9	38.1	4
LA-567 A	06/12/2011	13/12/2011	7	75.1	121.5	4429.7	1.62	0.970	176.4	38.6	3
LA-568 A	06/12/2011	13/12/2011	7	75.3	115.7	4453.3	1.54	0.964	182.5	39.5	2
LA-569	06/12/2011	03/11/2011	28	75.3	113.2	4453.3	1.50	0.961	219.6	47.4	2
LA-570	06/12/2011	03/11/2011	28	75.5	111.2	4477.0	1.47	0.958	195.5	41.8	2
LA-571	06/12/2011	03/11/2011	28	75.3	97.9	4453.3	1.30	0.937	205.5	43.3	4

Strength Compression Resistance				
Observations: The values of resistance at 7 and 28 days will be delivered at the indicated dates.	Age (Days)	Average Resistance (Mpa)	% Reached	% Required
	1	24.7	77.2%	30.0%
	7	38.7	121.1%	60.0%
	28	44.2	138.0%	100.0%



Unit Weight				
Sample ID	Weight of the sample (g)	Weight of the sample immersed (g)	Volume of the sample (cm ³)	Unit Weight (kg/m ³)
LA-563	1415	807	608	2327
LA-564	1322	753	569	2323
LA-565	1313	750	563	2332
LA-566	769	437	332	2316
LA-567	1290	738	552	2337
LA-568	1245	708	537	2318
LA-569	1138	638	500	2276
LA-570	1121	630	491	2283
LA-571	974	548	426	2286
Yield				1.00

- *P (max): Maximum Load in Kilo Newton*
- *R'c : Resistance to compression in Mega Pascal's*
- *The process of extraction of core drilled samples is according to the standard, from a panel of 1.00 x 1.00 x 0.15 mts.*
- *Samples cured in laboratory conditions until the date of testing. Condition of the test: Surface Dry*
- *The Unit Weight has been calculated in the conditions of the test*
- *The test was executed in a CONTROLS Compression Press with the cells calibrated until January 2012.*

Types of Fracture (ASTM C39)

- 1: Cone
- 2: Cone and Split
- 3: Cone and Shear
- 4: Shear
- 5: Columnar

CHEVES
Hydropower Project

Quality Department
Laboratory

PE-CHP_MAT_RP-022
Shotcrete 32/40 Mix
Design Using Cement IP

Page 5 of 6
05.01.2012
Index 01
Sign CLL

Ubicación 000	PIE CON	Correlativo 003479
------------------	------------	-----------------------



Cementos Lima S.A.A.

INFORME DE CALIDAD

Envase

TIPO DE CEMENTO: Cemento Tipo IP

VEHÍCULO: B6R846 - A3C991

COMPOSICIÓN PROMEDIO DEL LOTE: SILO DE CEMENTO No.4

FECHA: 05/09/2011

REMITIDO A: CONSTRUCTORA CHEVES S.A.C.

CÓD. LOTE: 2011060682

ANÁLISIS QUÍMICO	VALORES	REQUISITOS CEMENTOS PORTLAND NTP 334.090, ASTM C-595	
DIÓXIDO DE SÍLICE (SiO ₂), %	27.10		
OXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃), %	6.82		
OXIDO DE FIERRO (Fe ₂ O ₃), %	5.23		
OXIDO DE CALCIO (CaO), %	51.21		
OXIDO DE MAGNESIO (MgO), %	2.70	máx.	6.00 %
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO ₃), %	3.66	máx.	4.00 %
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O), %	0.95		
OXIDO DE SODIO (Na ₂ O), %	0.19		
PERDIDA POR IGNICIÓN (P.I.), %	1.63	máx.	5.00 %
ENSAYO FINEZAS			
Retenidos en malla 325, %	2.80		
Superficie específica BLAINE, m ² /kg	479.00		
Este informe muestra las CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL PROMEDIO DEL LOTE DE PRODUCCIÓN confirmando que este cemento cumple las especificaciones de las Normas Técnicas NTP 334.090, ASTM C-595.			

F. Cierre: 05/09/2011

No. Cierre: 347

MEDINA LLANOS RAFAEL MARTIN

División de Control de Calidad





Ubicación	PIE	Correlativo
000	00N	006712

No llenar. De uso exclusivo del Departamento de Calidad

CHEVES
HYDROPOWER
PROJECT

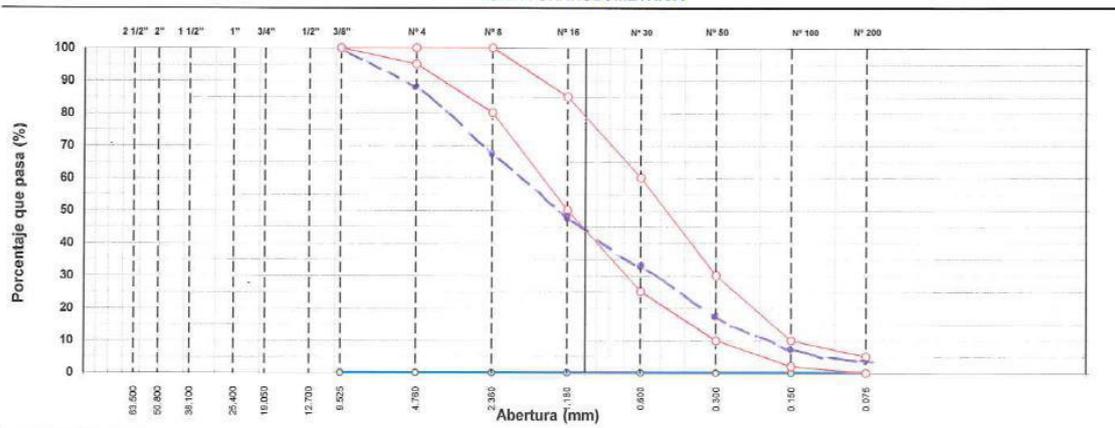
LABORATORIO DE AUTOCONTROL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM C 136

OBRA : CENTRAL HIDROELECTRICA CHEVES	N° REGISTRO :
MATERIAL : Arena Triturada - Lavada para <u>CONCRETO y SHOTCRETE</u>	TÉCNICO : GOM
MUESTRA : Planta FINLAY	ING° RESP. : CL
CANTERA : Río Checras	FECHA : <u>22-11-11</u>
	HECHO POR : <u>J.P.A</u>

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					ASTM	PESO TOTAL = <u>822.1</u> gr
2 1/2"	63.500					C 33	PESO LAVADO = <u> </u> gr
2"	50.800						PESO FINO = <u> </u> 0.0 gr
1 1/2"	38.100						LÍMITE LÍQUIDO = <u> </u> N.P. %
1"	25.400						LÍMITE PLÁSTICO = <u> </u> N.P. %
3/4"	19.050						ÍNDICE PLÁSTICO = <u> </u> N.P. %
1/2"	12.700						Ensayo Malla #200 P.S.Seco. P.S.Lavado % 200
3/8"	9.525						<u>HF = 3.39</u>
# 4	4.760	<u>106.7</u>	<u>13.0</u>	<u>13.0</u>	<u>100.0</u>		MÓDULO DE FINURA = <u> </u> %
# 8	2.360	<u>169.7</u>	<u>20.6</u>	<u>33.6</u>	<u>66.4</u>		EQUIV. DE ARENA = <u> </u> %
# 16	1.180	<u>150.3</u>	<u>18.3</u>	<u>51.9</u>	<u>48.1</u>		PESO ESPECÍFICO:
# 30	0.600	<u>122.8</u>	<u>14.9</u>	<u>66.8</u>	<u>33.2</u>		P.E. Bulk (Base Seca) = <u> </u> gr/cm ³
# 50	0.300	<u>123.9</u>	<u>15.1</u>	<u>81.9</u>	<u>18.1</u>		P.E. Bulk (Base Saturat) = <u>2.639</u> gr/cm ³
# 100	0.150	<u>84.3</u>	<u>10.3</u>	<u>92.2</u>	<u>7.8</u>		P.E. Aparente (Base Se) = <u> </u> gr/cm ³
# 200	0.075	<u>35.6</u>	<u>4.3</u>	<u>96.5</u>	<u>3.5</u>		Absorción = <u>2.14</u> %
< # 200	FONDO	<u>28.8</u>	<u>3.5</u>	<u>100.0</u>	<u>0.0</u>		PESO UNIT. SUELTO = <u> </u> kg/m ³
FINO							PESO UNIT. VARILLAD = <u> </u> kg/m ³
TOTAL							% HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humedad
OBSERVACIONES:							

CURVA GRANULOMÉTRICA



EJECUTOR:		SUPERVISOR:	
FECHA:		FECHA:	

	Ubicación	PIE	Correlativo
	000	CON	006713
No llenar. De uso exclusivo del Departamento de Calidad			
CHEVES HYDROPOWER PROJECT	LABORATORIO DE AUTOCONTROL		

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS
(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO

OBRA	: CENTRAL HIDROELECTRICA CHEVES	N° REGISTRO	:
TRAMO	:	TÉCNICO	: GQE
MATERIAL	: ARENA LAVADA PARA CONCRETO	ING° RESP.	: MKN
CALICATA	: Y SHOTCRETE.	FECHA	: 22-11-11
MUESTRA	:	HECHO POR	: JPA.
PROFUND.	:	DEL KM	:
CANTERA	: RIO CHECRAS.	AL KM	:
UBICACIÓN	:	CARRIL	:

DATOS DE LA MUESTRA

AGREGADO FINO

A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	301.2	300.5	
B	Peso frasco + agua (gr)	659.8	659.8	
C	Peso frasco + agua + A (gr)	961.0	960.3	
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	846.6	846.7	
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	114.4	113.6	
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	294.5	294.6	
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm3)	107.7	107.7	
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.574	2.593	PROMEDIO 2.584
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.633	2.645	2.639
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.734	2.735	2.735
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	2.28%	2.0%	2.14%

OBSERVACIONES:

EJECUTOR:		SUPERVISOR:	
FECHA:		FECHA:	

SHOTCRETE 32/40 MIX DESIGN WITH ALTERNATIVE STEEL FIBERS USING CEMENT TYPE IP PE-CHP_MAT_RP-034 Quality Department



CHEVES
Hydropower Project

Quality Department
Laboratory

PE-CHP_MAT_RP-034
Shotcrete 32/40 Mix
Design with Alternative
Steel Fibers Using
Cement IP

Page 1 of 6
28.07.2012
Index 01
Sign CLL

01	28.07.2012	Issued for Approval/ Emitido para Aprobación
00	28.07.2012	Issued for Review / Emitido para Revisión
Rev.	Date/Data	Description / Descripción del Cambio

	PREPARED BY <i>Elaborado por</i> Lab. Manager	REVIEWED BY <i>Revisado por</i> Material Expert	APPROVED BY <i>Aprobado por</i> Quality Manager
Name / Nombre:	José Pacahuala	Jaime Cortes	Carlos Leal
Date / Fecha:	28.07.2012	28.07.2012	28.07.2012
Signature / Firma:			

1. Scope

This shotcrete mix design has been prepared as an alternative to current shotcrete mix design, taking in consideration Engineer's requirement.

The report includes slump/time analysis and the required fresh concrete tests, such as slump, air content and temperature. Compressive Strength results will be submitted as soon they are available for Engineer revision.

2. Materials used

Cement Atlas– Type IP
Sika Viscocrete 1110 – Superplasticizer
Sika TARD PE – Retardant
Fibra Metálica JM-IRF 65/35
SIKA FIBER PE

3. Mix Design

Note: The W/C ratio used for the design is 0.40 compliant with the ACI Standards for a Sulphate resistance concrete and the technical specifications of the Contract C – Volume 3B (≈ 0.40).

Component of the Mix	%	kg/m ³	Volume (m ³)
Atlas IP Cement	---	425	0.147
Water - Checras River	---	170	0.170
Absorption Water	---	33	0.000
Washed Crushed Sand	---	1661	0.629
Sika Viscocrete 1110	1.9%	8.1	0.008
Sika Tard PE	0.2%	0.9	0.001
Air Content	4.0%	0.0	0.040
Steel Fiber JM-IRF 65/35	---	40.00	0.005
SIKA FIBER PE	600 g	0.60	0.001
Unit Weight (Kg/m ³) / Volume (m ³)		2369	1.000
Initial Slump (ASTM C 143)		20.0 cm	
Mix Temperature		23.0°C	

- SIKA FIBER PE is used only for areas with possibility of burning, such as Power House, but also it contributes in reducing the shrinking of shotcrete in tunnels

CHEVES
Hydropower Project

Quality Department
Laboratory

PE-CHP_MAT_RP-034
Shotcrete 32/40 Mix
Design with Alternative
Steel Fibers Using
Cement IP

Page 3 of 5
28.07.2012
Index 01
Sign CLL

COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS												
REFERENCE STANDARD ASTM C 39 (04)												
Sample ID	Date of Sampling	Test Date	Age (days)	Sample Diam. (mm)	Sample Height (mm)	Sample Area (mm ²)	Slenderness h/d	Slenderness ratio	P (max) kN	R'c (Mpa)	Type of Fracture	
LA-3986	23/07/2012	24/07/2012	1	73.8	91.0	4277.6	1.23	0.926	82.4	17.8	3	
LA-3987	23/07/2012	24/07/2012	1	74.0	90.8	4300.8	1.23	0.925	79.5	17.1	3	
LA-3988	23/07/2012	24/07/2012	1	74.0	93.0	4300.8	1.26	0.931	80.6	17.4	3	
LA-3989	23/07/2012	30/07/2012	7	74.1	92.8	4312.5	1.25	0.930	146.2	31.5	3	
LA-3990	23/07/2012	30/07/2012	7	73.6	92.7	4254.5	1.26	0.931	140.0	30.6	3	
LA-3991	23/07/2012	30/07/2012	7	73.6	91.9	4254.5	1.25	0.929	138.8	30.3	3	
LA-3992	23/07/2012	20/08/2012	28.0	73.7	91.3	4266.0	1.24	0.927	203.5	44.2	---	
LA-3993	23/07/2012	20/08/2012	28.0	73.8	90.8	4277.6	1.23	0.926	210.9	45.7	---	
LA-3994	23/07/2012	20/08/2012	28.0	74.0	92.2	4300.8	1.25	0.929	199.6	43.1	---	

Strength Compression Resistance				
Observations: The values of resistance at 7 and 28 days will be delivered at the indicated dates.	Age (Days)	Average Resistance (Mpa)	% Reached	% Required
	1	17.5	54.6%	30.0%
	7	30.8	96.3%	60.0%
	28	44.3	138.5%	100.0%

Unit Weight				
Sample ID	Weight of the sample (g)	Weight of the sample immersed (g)	Volume of the sample (cm ³)	Unit Weight (kg/m ³)
LA-3986	863	479	384	2247
LA-3987	838	467	371	2259
LA-3988	822	459	363	2264
LA-3989	850	469	381	2231
LA-3990	862	478	384	2245
LA-3991	856	473	383	2235
LA-3992	893	508	385	2319
LA-3993	893	509	384	2326
LA-3994	904	514	390	2318

CHEVES
Hydropower Project

Quality Department
Laboratory

PE-CHP_MAT_RP-031
Shotcrete 32/40 Mix
Design with Steel Fibers
Using Cement IP

Page 5 of 5
19.12.2011
Index 01
Sign CLL

4. Technical Data Sheets

SikaTard® PE

Aditivo estabilizador de la hidratación del cemento

Descripción

General

SikaTard® PE es un aditivo desarrollado para controlar la hidratación del cemento. De esta forma, las mezclas de concreto pueden estabilizar durante largos periodos de tiempo sin perder su calidad.

Usos

- El aditivo SikaTard® PE se utiliza principalmente para la estabilización de concretos proyectados por vía húmeda en trabajo de otras subterráneas, alargando su tiempo de trabajabilidad.
- Es ideal para concretos en tiempos calurosos.
- Para mantener el Slump y la no hidratación de la mezcla en trayectos o jornadas largas de colocación del concreto.
- Estabiliza el agua de lavado para el camiones de Pre mezclado en las plantas concretoras

Ventajas

- Con la utilización del aditivos estabilizador SikaTard® PE se consigue un concreto enormemente fluidificado, retrasado al mismo tiempo la hidratación del cemento durante un periodo de tiempo que depende de la dosificación de aditivo utilizada. La mezcla de concreto fresco permanece estable durante el tiempo de retraso, mantenimiento constante su trabajabilidad y la calidad del mismo
- Su efecto es distinto al de los retardados de fraguado tradicionales, los cuales se limitan a frenar fuertemente la hidratación del cemento.
- El concreto proyectado por vía húmeda estabilizado con el aditivo SikaTard® PE, se activa inmediatamente cuando entra en contacto con un aditivo acelerante de fraguado, de forma que se reanude de nuevo la hidratación de la mezcla.
- En el concreto fresco en tiempos calurosos prolonga su tiempo de trabajabilidad
- El aditivo estabilizado de fraguado SikaTard® PE esta exento de cloruros y de otras sustancias que favorezcan la corrosión del acero. Esto permite utilizarlo sin ningún problema en las construcciones de concreto armado
- No es toxico
- Contrarresta los efectos de la perdida de trabajabilidad en el concreto, en tiempos calurosos y/o trayectos largos.

Datos Básicos

Aspecto

Líquido incoloro.

Presentación

Cilindro de 200 lt.

Almacenamiento

12 meses en su envase de origen, herméticamente cerrado y no deteriorado, a temperatura entre 1 y 35°C, protegido del sol y las heladas

Datos Técnicos

Densidad

1,10 +/- 0,01 Kg/L.

pH al 10 %

3,0 +/- 1,0.

Los tiempos de trabajabilidad que se obtienen están en función de la dosificación de SikaTard® PE utilizada.

Debido a la gran cantidad de factores que afectan al tiempo de trabajabilidad, es imprescindible la realización de ensayos previos para cada caso.

Aplicación

Consumo

En función de la trabajabilidad y del retraso de fraguado requerido, la dosis a utilizar estará comprendida entre el 90 y 181 cm³ por kg de cemento.



Fibra de Acero JM 65/35

Se utiliza para reforzar el shotcrete reduciendo el tiempo y costo asociados al tradicional reforzamiento con barras o mallas de acero.

Incrementa la ductibilidad y absorción de energía como también la resistencia al impacto y al desprendimiento, sin afectar los tiempos de fraguado.

La fibra JM 65/35 cumple con la norma ASTM A820 y está fabricada con alambres de acero estirado en frío. Los extremos son curvados para asegurar el anclaje máximo en la masa de hormigón.

La calidad está asegurada con la fabricación bajo norma ISO:9001.

La fibra JM 65/35 es conocida por su excelente rendimiento en la resistencia a la grieta y por su bajo nivel de rebote.

Con la fibra JM 65/35 la mezcla nunca será mas fácil, ya que las fibras se encuentran especialmente encoladas para asegurar una dispersión de cada fibra óptima dentro de la masa de hormigón.

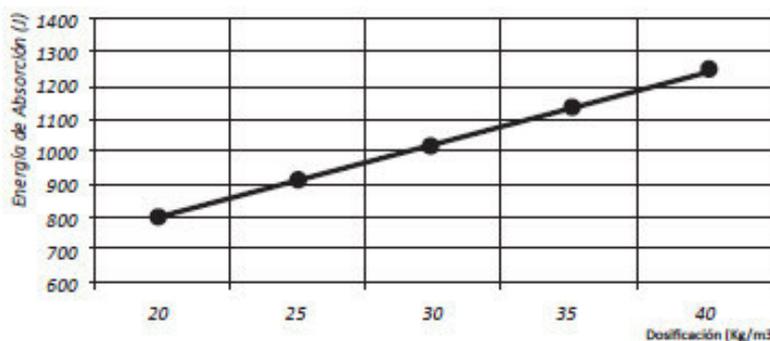
APLICACIONES

- Estabilización de taludes.
- Consolidación de terrenos.
- Revestimiento primario y secundario.
- Sostenimiento de cavernas, túneles y galerías.
- Obras civiles.
- Represas, centrales hidroeléctricas, puentes, etc.

USO FIBRA DE ACERO JM 65/35

ENSAYOS DE ENERGÍA DE ABSORCIÓN

Resultados de energía de absorción de paneles de concreto tipo C30/37, en acuerdo a EFNARC/SNCF



Se alcanzaron 1.245 joules con una dosificación de 40 kilos de fibra por m³ de Shotcrete.

ALTERNATIVAS

Grado	Tamaño: Diámetro x Largo	Relación de Aspecto	Formato	Uso
JM 50/35 L	0,7 x 35 mm	50	Fibras Sueltas	Shotcrete
JM 65/35	0,54 x 35 mm	65	Fibra Encoladas	Shotcrete
JM 66/60	0,9 x 60 mm	66	Fibra Encoladas	Pisos

COMPOSICIÓN QUÍMICA

C	Si	Mn	P	S
0,006	0,046	0,142	0,049	0,006

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia a la Tracción (N/mm ²)	Resistencia a la Fluencia (N/mm ²)
1,272	1,015 ± 0,2%

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Longitud	35 mm
Diámetro	0,54 mm
Relación Esbeltez	65
Resistencia a la Tracción	1177 Mpa
Deformación	Extremo deformado
Apariencia	Alambre brillante y limpio tipo corchete

Enscado en bolsas baulker de 1000kgs o en bolsas de papel de 20kgs (1000kgs por pallet envuelto y atado).

Dejar de 3 a 5 minutos a velocidad de mezcla para que las fibras se dispersen de manera uniforme a través de la masa de hormigón.

Para asegurar que no existan grumos o problemas en el bombeo, la Fibra de Acero JM 6535 es una fibra encolada hidrosoluble.

Para proteger el producto, almacenar en un lugar cubierto y seco.

