

Dirección General de Minería



Dirección de Minería Artesanal

INSPECCIÓN TÚNEL DE LARIMAR Y GRIETAS EXISTENTES EN EL EXTERIOR DE LA MINA, 20 DE FEBRERO 2020

Elaborado por:
Ing. Jovito Evins, M.Sc.

Equipo de trabajo:
Pablo Torres

18/03/2020



Ministerio de Energía y Minas
Dirección General de Minería
“Año de la Innovación y la Competitividad”

ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Zona de Estudio	3
2.1. <i>Ubicación</i>	3
2.2. <i>Marco Geológico</i>	3
3. Descripción del trabajo realizado	6
3.1. <i>Monitoreo de las grietas</i>	6
3.2. <i>Túnel de Larimar</i>	8
4. Conclusiones	19



Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

1. Introducción

Con el propósito de continuar los esfuerzos de disminuir los riesgos existentes dentro del túnel minero de Larimar y para que los mineros artesanales que realizan sus trabajos de extracción puedan continuar con sus labores dentro de este, la Dirección General de Minería en una reunión sostenida con los principales directivos de las diferentes cooperativas existentes en la mina, así como también con los inversionistas que tienen pozos dentro del túnel, acordó que estos detendrían los trabajos de extracción de larimar hasta que reforzaran de manera artesanal, los tramos del túnel donde los riesgos son mayores. Para confirmar el avance de los trabajos, el ingeniero Jovito Evins realizó una inspección el día 20 de febrero del 2020, con el objetivo de verificar los trabajos de limpieza y reforzamiento realizados dentro del túnel de Larimar.

El túnel de larimar fue construido originalmente para trabajar a lo largo de 426.7 metros, los cuales fueron reducidos posteriormente a 215 metros debido a fallas estructurales tales como levantamiento del piso o solera, desprendimiento del shotcrete y estrechamiento de las dimensiones de este, que crearon condiciones de inseguridad en los últimos 211.7 metros. Debido al mal manejo de los mineros dentro de los 215 metros que quedaron habilitados, se ordenó detener los trabajos de extracción dentro del túnel y que inmediatamente se iniciaran los trabajos de limpieza y reforzamiento con troncos y palos de madera.

En este informe se muestra un resumen de los resultados de los trabajos de limpieza y reforzamiento dentro del túnel de larimar realizados por los mineros, así como también los resultados del monitoreo de las grietas existentes en el exterior de la mina de Larimar. El equipo utilizado para realizar el monitoreo de las grietas fue un GPS Diferencial de la marca Trimble modelo R8S.



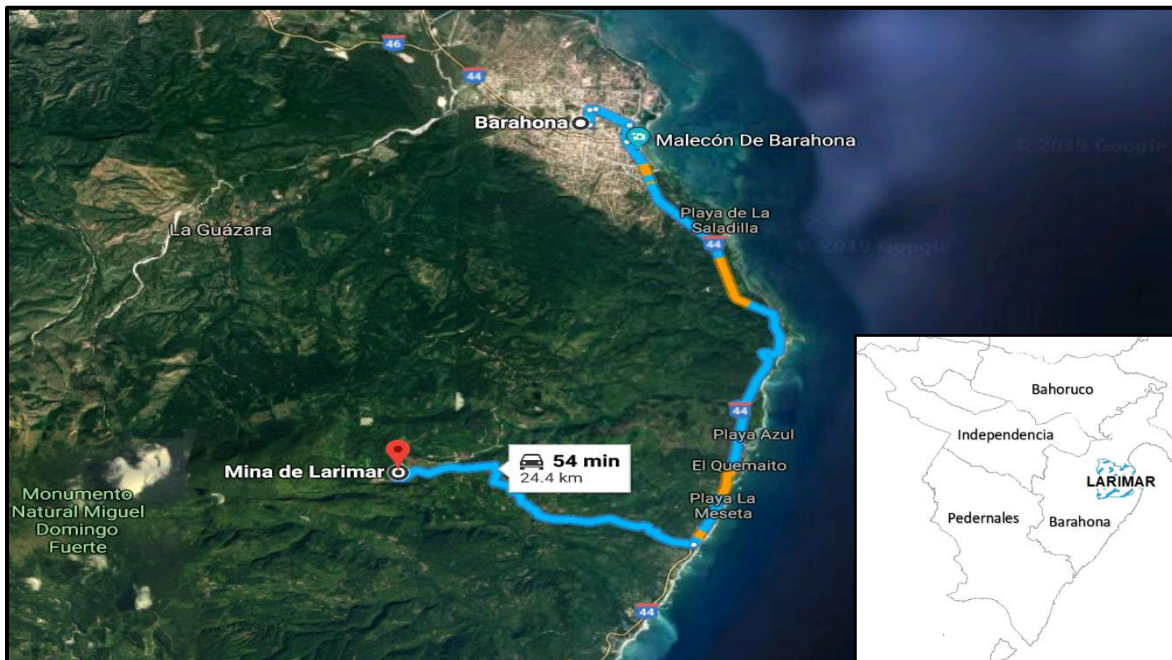
Ministerio de Energía y Minas
Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

2. Zona de Estudio

2.1. Ubicación

La mina de Larimar se encuentra ubicada en la comunidad Las Filipinas, provincia de Barahona, en la sierra de Bahoruco, más específicamente en las coordenadas UTM 273611 mE y 2004743 mN (modelo de elipsoide WGS84, zona 19N). El área de la mina de Larimar tiene una extensión de 32 hectáreas (512 tareas). En la siguiente figura se muestra la ubicación exacta de la mina.



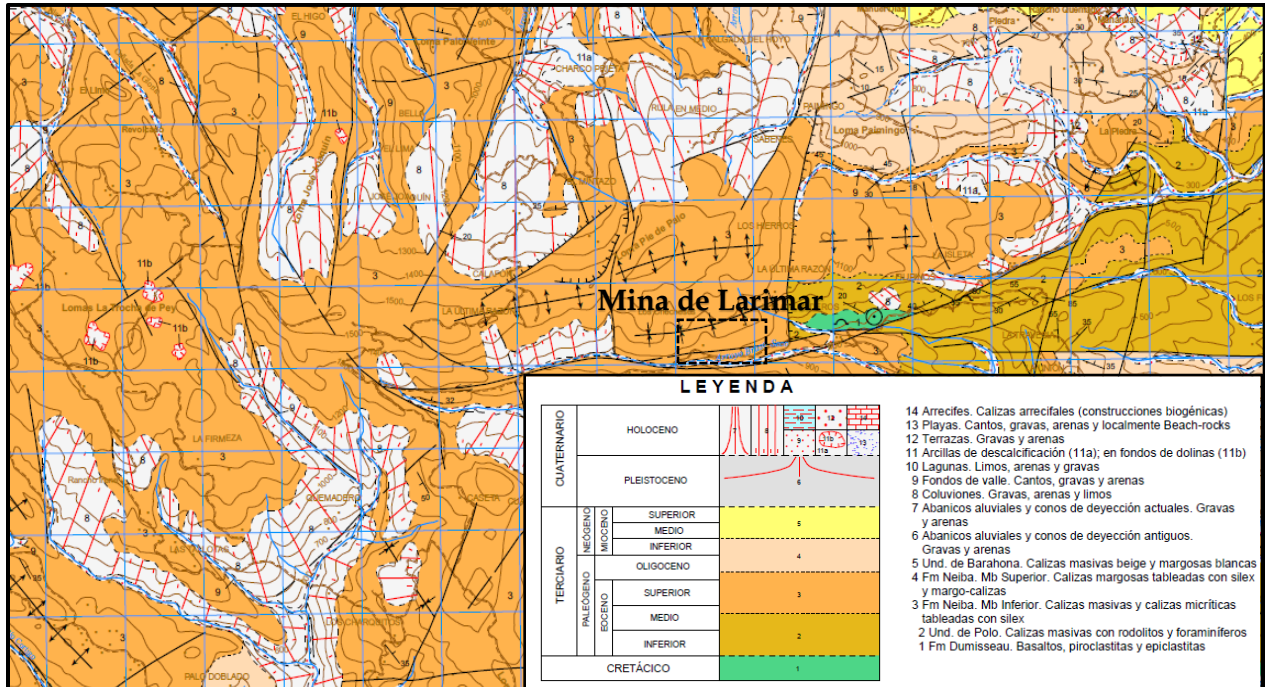
2.2. Marco Geológico

La mina de Larimar se encuentra dentro del mapa geológico de La Ciénaga (5970-II), la cual está ubicada en el SW de la República dominicana, en una zona montañosa del borde Este de la Sierra de Bahoruco. El mar caribe ocupa un tercio de la superficie.



Ministerio de Energía y Minas
Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”



En este sector, afloran materiales mesozoicos (Cretácico), de origen volcánica, y cenozoicos que pueden agruparse en dos grandes conjuntos: Paleógeno-Mioceno de ambientes marinos de poco a medio profundo y Cuaternario de carácter fluvial o de afinidad litoral.

Durante el Cretácico, se depositan las rocas volcánicas y volcanoclásticas básicas, de la Fm Dumisseau, relacionadas con el arco-isla caribeño y la meseta oceánica.

Al Eoceno inferior-medio, se depositan las calizas masivas de la Ud de Polo, típicamente de algas rojas, en ocasiones formando rodolitos pluricentimétricos. Constituyen los primeros fuertes relieves del frente del Mar Caribe, por encima del volcanismo cretácico.

Al Eoceno superior-Oligoceno inferior, se deposita, en continuo sobre la Ud de Polo o discordantemente sobre la Fm Dumisseau, una potente y monótona sucesión de calizas masivas y tableadas con sílex del miembro inferior (Eoceno superior-Oligoceno



Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

inferior) de la Fm Neiba, seguidas de las calizas tableadas margosas con sílex y margas del miembro superior (Oligoceno inferior-Mioceno inferior).

Durante el Mioceno medio-superior, se deposita, al NE y SO de la Hoja, gradualmente por encima de la Fm Neiba, una sucesión de calizas beige, en ocasiones masivas con fauna somera, que intercalan bancos de margas, de la Ud de Barahona.

Los depósitos cuaternarios son esencialmente continentales: abanicos aluviales, coluviones, arcillas de descalcificación, terrazas, fondos de valle. Los depósitos litorales (playas y arrecifes), ocupan una estrecha banda en esta costa abrupta donde la Sierra de Bahoruco se hunde en el Mar Caribe a favor de la Falla regional de Beata.

La estructura general de la Hoja de La Ciénaga es la de un domo incompleto de flancos con poco buzamiento, que se interrumpe en su parte Oeste, en el mar caribe. Procede de la evolución de un anticlinorio de dirección NO-SE que está presente en las Hojas más occidentales (La Salina, Polo) y colindantes (Barahona, Enriquillo).

Las calizas de la Fm Neiba ocupan las lomas de la parte central, surmontadas por las calizas masivas de la Ud de Barahona en los flancos SO y NE. Las volcanitas cretácicas de la Fm Dumisseau, ocupan el núcleo anticlinal principal a nivel del Mar Caribe y dos pequeños núcleos al interior de la Sierra.

La deformación y el levantamiento de la Sierra de Bahoruco, iniciados aquí durante el Plioceno superior-Pleistoceno, han continuado durante todo el Holoceno hasta la actualidad, como pone de manifiesto la superposición y el encajamiento de varios sistemas de abanicos aluviales, la emersión de los arrecifes cuaternarios del ámbito de playa Andina y las fallas que afectan los conglomerados de los abanicos aluviales de la Playa Azul.

De un punto de vista minero, se debe subrayar la presencia de la mina de Larimar (pectolita azul) de Los Checheses, en los afloramientos volcanosedimentarios del centro de la Hoja. Se trata de la única mina de este tipo en el mundo.



Ministerio de Energía y Minas
Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

3. Descripción del trabajo realizado

3.1. Monitoreo de las grietas

Debido a reportes realizados por el Ing. Ricardo Báez, donde mostraba su preocupación por el crecimiento de dos grietas encontradas en la parte superior de las montañas contiguas a la mina de Larimar, se inició un trabajo de monitoreo constante utilizando un equipo GPS Diferencial Trimble R8S. La ubicación de las grietas se muestra en la siguiente figura.



Hasta la fecha se han realizado tres (3) monitoreos, siendo el último el pasado 20 de febrero del 2020 donde se tomaron las coordenadas de los puntos de medición marcados en el terreno tanto de la grieta 1 como de la grieta 2. Comparamos las coordenadas medidas en todas las fechas obteniendo los siguientes resultados:



Ministerio de Energía y Minas
Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

Tabla 1.- Comparación de coordenadas tomadas en diferentes fechas para la Grieta 1.

Punto	10/10/2019		10/12/2019		20/02/2020		Diferencia 1-2		Diferencia 2-3		Diferencia 1-3	
	Coordenada X1	Coordenada Y1	Coordenada X2	Coordenada Y2	Coordenada X3	Coordenada Y3	X	Y	X	Y	X	Y
Control 1-1	273414.75	2004906.62	273414.73	2004906.60	273414.732	2004906.565	0.02	0.02	0.00	0.03	0.02	0.05
Control 1-2	273414.48	2004910.61	273414.47	2004910.61	273414.467	2004910.586	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02
Control 2-1	273404.40	2004906.04	273404.38	2004906.06	273404.372	2004906.032	0.02	-0.02	0.00	0.02	0.03	0.01
Control 2-2	273403.77	2004910.46	273403.75	2004910.46	273403.75	2004910.465	0.02	0.00	0.00	-0.01	0.02	0.00
Control 3-1	273395.40	2004901.55	273395.38	2004901.53	273395.376	2004901.531	0.03	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02
Control 3-2	273395.14	2004905.42	273395.14	2004905.38	273395.148	2004905.382	0.00	0.04	0.00	0.00	-0.01	0.03
Control 4-1	273387.77	2004901.64	273387.74	2004901.62	273387.739	2004901.585	0.02	0.03	0.00	0.03	0.03	0.06
Control 4-2	273387.40	2004905.08	273387.37	2004905.07	273387.36	2004905.024	0.03	0.01	0.01	0.04	0.04	0.05

- Diferencia 1-2:** resultado de restar las coordenadas (X, Y) obtenidas en las fechas 10/10/2019 y 10/12/2019, donde se observa que existe una pequeña diferencia de centímetros que se pudieran deber a un crecimiento de las grietas o a un error de medición.
- Diferencia 2-3:** resultado de restar las coordenadas (X, Y) obtenidas en las fechas 10/12/2019 y 20/02/2020, donde volvemos a observar que existe otra diferencia de centímetros, lo cual indica que existe un posible crecimiento de la grieta.
- Diferencia 1-3:** resultado de restar las coordenadas (X, Y) obtenidas en las fechas 10/10/2019 y 20/02/2020, donde observamos una diferencia acumulada de los últimos 4 meses en los que se ha realizado el monitoreo. En el punto de **control 4-1** se puede observar una diferencia acumulada en Y de **6 centímetros**, siendo esta la que representa el mayor valor medido y que nos pudiera estar indicando que la grieta efectivamente está aumentando su tamaño. Es recomendable continuar con el monitoreo reduciendo la frecuencia de medición en un mes, para poder determinar si la grieta aumenta de tamaño.

Tabla 2.- Comparación de coordenadas tomadas en diferentes fechas para la Grieta 2.

Punto	10/10/2019		10/12/2019		20/02/2020		Diferencia 1-2		Diferencia 2-3		Diferencia 1-3	
	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada X3	Coordenada Y3	X	Y	X	Y	X	Y
Control 1-1	273423.31	2004814.44	273423.30	2004814.40	273423.328	2004814.37	0.00	0.04	-0.02	0.03	-0.02	0.07
Control 1-2	273425.26	2004810.68	273425.26	2004810.65	273425.3	2004810.609	0.00	0.03	-0.04	0.04	-0.04	0.07
Control 2-1			273421.24	2004810.40	273421.28	2004810.383			-0.04	0.01		
Control 2-2	273423.38	2004807.05	273423.37	2004807.00	273423.404	2004806.965	0.00	0.05	-0.03	0.03	-0.03	0.08
Control 3-1			273418.79	2004806.79	273418.818	2004806.749			-0.03	0.04		
Control 3-2	273420.69	2004804.94	273420.71	2004804.91	273420.725	2004804.901	-0.02	0.03	-0.02	0.01	-0.04	0.04



Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

- 1. Diferencia 1-2:** resultado de restar las coordenadas (X, Y) obtenidas en las fechas 10/10/2019 y 10/12/2019, donde se observa que existe una diferencia de centímetros que se pudieran deber a un crecimiento de las grietas o a un error de medición.
- 2. Diferencia 2-3:** resultado de restar las coordenadas (X, Y) obtenidas en las fechas 10/12/2019 y 20/02/2020, donde volvemos a observar que existe otra diferencia de centímetros, lo cual indica que existe un posible crecimiento de la grieta.
- 3. Diferencia 1-3:** resultado de restar las coordenadas (X, Y) obtenidas en las fechas 10/10/2019 y 20/02/2020, donde observamos una diferencia acumulada de los últimos 4 meses en los que se ha realizado el monitoreo. En el punto de **control 2-2** se puede observar una diferencia acumulada en Y de **8 centímetros**, siendo esta la que representa el mayor valor medido y que nos pudiera estar indicando que la grieta efectivamente está aumentando su tamaño. Es recomendable continuar con el monitoreo reduciendo la frecuencia de medición en un mes, para poder determinar si la grieta realmente está aumentando de tamaño.

3.2. Túnel de Larimar

Debido a las condiciones de inseguridad dentro del túnel de Larimar y según lo acordado con esta Dirección General de Minería, fueron reiniciados a finales del mes de diciembre los trabajos de reforzamiento y limpieza dentro de este, con el objetivo de disminuir los riesgos en los tramos más vulnerables del túnel y continuar con las actividades de extracción. Estos trabajos de reforzamiento y limpieza al momento de realizar la inspección se encontraban aproximadamente en un 80% de avance.

A la fecha los mineros han logrado limpiar 220 metros del túnel, colocando reforzamiento de madera en los tramos de mayor vulnerabilidad. Los mineros realizaron trabajos de reforzamiento, mediante la colocación de entibado de madera, relleno de techo y hastiales y remoción de escombros. Para completar los trabajos de reforzamiento deben ser sustituidos los entibados de madera que se encuentran fracturados y disminuir la separación entre los marcos de madera.





Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

En las siguientes tablas se muestra un resumen de los principales hallazgos de la inspección realizada a los trabajos dentro del túnel y las recomendaciones para completar el trabajo de limpieza y reforzamiento:

Estado del Túnel Larimar 1. (Tramo 0+0.0 m – 0+70.0 m)	
	<p>Shotcrete</p> <p>Las condiciones en este tramo no han variado, presentando una estabilidad relativamente buena, donde el shotcrete presenta ligeros agrietamientos y desprendimientos, siendo los más notables los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• 0+14.0 m., desprendimiento del shotcrete del techo de 36 cm, el cual no ha presentado movimiento desde agosto 2018.• 0+60.0 m., desprendimiento del shotcrete en el hastial izquierdo de 13 cm.• 0+65.0 m., desprendimiento del shotcrete en el hastial izquierdo de 25 cm.
	<p>Condiciones de los refuerzos</p> <p>No se visualizan cerchas ni pernos doblados, en algunas zonas del tramo las cerchas y mallas están expuestas debido al desprendimiento local del shotcrete.</p>
	<p>Entibado de Madera</p> <p>En este tramo no se colocaron entibados de madera.</p>
	<p>Filtraciones de Agua</p> <p>Se visualiza humedad en casi todo el trayecto de este tramo, tanto en los hastiales como en el techo, presentando las mayores filtraciones entre las progresivas 0+10.0 m – 0+16.0 m, goteo en el techo.</p>
	<p>Observaciones</p> <ul style="list-style-type: none">• Estabilidad relativamente buena.• No existe acumulación de escombros.• Pozo existente hastial derecho en progresiva 0+19.2 m.
	<p>Recomendaciones</p> <ul style="list-style-type: none">• Colocar entibado en progresiva 0+14.0 m, para evitar posible caída del shotcrete del techo.



Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

- Colocar entibado en boca de pozo existente en este tramo.

Estado del Túnel de Larimar 2. (Tramo 0+70.0 m – 0+90.0 m)



Shotcrete

Las condiciones en este tramo se mantienen similares, el shotcrete presenta agrietamientos en el techo y desprendimientos en algunas zonas en los hastiales, siendo los más notables los siguientes:

- 0+70.0 m., desprendimiento total del shotcrete en hastial derecho.
- 0+70.0 – 0+90.0 m., desprendimiento total del shotcrete en el hastial izquierdo.
- 0+80.0 m., desprendimiento total del shotcrete en el hastial derecho y desprendimiento del shotcrete del techo de 22 cm.

Condiciones de los refuerzos

Las cerchas están dobladas en el hastial izquierdo, pero no más que en el anterior monitoreo, estas tienen una separación de 50 cm. Algunas placas de los pernos están hundidas, entre los 0+80.0 – 0+83.0 m. Las mallas en los tramos de desprendimiento de shotcrete están desprendidas y dobladas.

Entibado de Madera

Las condiciones de los entibados en este tramo se observaron similares.

El primer entibado del túnel aparece en la progresiva 0+70.0 m., estando entibado a lo largo de casi todo el tramo en el hastial izquierdo, con puntales de madera de hasta 30 cm de diámetro y separación máxima entre puntales de 1.55 m.

En las progresivas 0+70.0 m y 0+80.0 m está entibado el hastial derecho, como refuerzo y para evitar la caída de escombros.

En este tramo existe una sola caseta en la progresiva 0+76.0 m, donde los puntales tienen diámetros de hasta 31 cm y la separación entre estos es de 1.65 m.


Se utilizaron fragmentos de rocas y maderas de hasta 15 cm de diámetro para el relleno de los hastiales y el techo en los entibados colocados.




Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

	Filtraciones de Agua Este tramo presenta humedad a lo largo de todo el trayecto, tanto en el techo como en los hastiales.
	Observaciones <ul style="list-style-type: none">• Levantamiento del piso de 12 cm en progresiva 0+83.0 m.• No existe acumulación de escombros.• Pozo existente hastial derecho en progresiva 0+76.2 m.• Pozo existente hastial izquierdo en progresiva 0+88.5 m.
	Recomendaciones <ul style="list-style-type: none">• Reforzar tramo donde las cerchas se visualizan dobladas.• Dar mantenimiento continuo a los entibados de madera colocados en este tramo.• Colocar marcos de madera en la entrada de los pozos existentes en este tramo.

Estado del Túnel de Larimar 3. (Tramo 0+90.0 m – 0+120.0 m)



	Shotcrete En este tramo el shotcrete no presenta grandes cambios, notándose agrietamientos en el techo y desprendimientos en casi todo el trayecto en ambos hastiales, siendo los más notables los siguientes: <ul style="list-style-type: none">• 0+90.0 m., el shotcrete del hastial derecho terminó de desprenderse por completo.• 0+95.0 m., desprendimiento total del shotcrete en hastial izquierdo, donde se ha generado una cueva debido al deslizamiento del material rocoso, esta cueva está actualmente rellena de madera.
	Condiciones de los refuerzos En este tramo no se visualizan cerchas, y los pernos debido al desprendimiento del shotcrete no están realizando ninguna función, se encuentran flotantes. Las mallas están totalmente desprendidas.



Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”


 <p>0+95.0 m</p>	<p>Entibado de Madera</p> <p>El entibado colocado en este tramo, se ha visto afectado casi en su totalidad por las presiones a los que estos están sometidos, siendo los más notables los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Entre las progresivas 0+90.0 - 0+96.0 m, está entibado solo en el hastial izquierdo, utilizando puntales de hasta 34 cm de diámetro y separación de 1.00 m, es notable como la madera que rellena la cueva existente ha comenzado a fracturarse.• 0+96.0 m., encontramos el primer entibado fracturado.• En el tramo entre los 0+96.0 y 0+120.0 m., se eliminaron las vigas de madera fracturadas y se colocaron nuevas casetas para reforzar el tramo.• Se colocó una caseta extra en la entrada del pozo con puntales de 40 cm de diámetro y separación entre puntales de 1.00 m. <p>Se utilizaron fragmentos de rocas y maderas de hasta 15 cm de diámetro para el relleno de los hastiales y el techo en los entibados colocados.</p>
 <p>0+96.0 m</p>	<p>Filtraciones de Agua</p> <p>Este tramo presenta humedad en las siguientes progresivas:</p> <ul style="list-style-type: none">• 0+90.0 - 0+92.0 m, presenta humedad en el techo.• 0+95.0 m, humedad en techo y hastial derecho.• 0+97.0 m, el entibado presenta mucha humedad.• 0+105 m, humedad en techo.• 0+115.0 - 0+117.0 m, humedad en techo.
	<p>Observaciones</p> <ul style="list-style-type: none">• Levantamiento del piso de 15 cm en progresiva 0+91.0 m.• No existe acumulación de escombros.• Pozo existente hastial derecho en progresiva 0+105.5 m.• Pozo existente hastial izquierdo en progresiva 115.9 m• Pozo existente hastial derecho en progresiva 120.0 m.
	<p>Recomendaciones</p> <ul style="list-style-type: none">• Mejorar entibado hastial izquierdo en progresiva 0+91.0 m, colocando puntales a no más de 3 pies.




Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

 <p>0+110.0 m</p>	<ul style="list-style-type: none">• Colocar más puntales en hastial izquierdo en progresiva 0+95.0 m donde existe la cueva.• Reforzar aún más este tramo colocando casetas de madera a no más de 3 pies de separación.• Rellenar los huecos existentes entre el entibado de madera y el techo y hastiales del túnel.• Colocar marcos de madera en la entrada de los pozos existentes en este tramo.
--	--


Estado del Túnel de Larimar 4. (Tramo 0+120.0 m – 0+140.0 m)	
 <p>0+135.0 m</p>	<p>Shotcrete En este tramo el shotcrete está totalmente desprendido tanto en los hastiales como en el techo.</p> <p>Condiciones de los refuerzos En este tramo no se visualizan cerchas, y los pernos debido al desprendimiento del shotcrete no están realizando ninguna función, se encuentran flotantes. Las mallas están totalmente desprendidas.</p> <p>Entibado de Madera En este tramo el entibado se ha visto afectado por las presiones, destacando lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none">• A partir de la progresiva 0+120.0 m hasta el final del tramo, se encuentra completamente entibado, presentando casetas con puntales de hasta 43 cm de diámetros y separaciones entre puntales mínimas de 0.4 m y máximas de hasta 2.00 m.• Se han colocado puntales extras en las zonas más afectadas y eliminado las vigas de madera fracturadas. Se colocó nuevo encribado, cambiando la orientación de estos en algunos casos.




Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

	<p>Se utilizaron fragmentos de rocas y maderas de hasta 20 cm de diámetro para el relleno de los hastiales y el techo en los entibados colocados.</p>
	<p>Filtraciones de Agua En este tramo no se visualiza humedad.</p>
	<p>Observaciones</p> <ul style="list-style-type: none">• No existe acumulación de escombros.• Pozo existente hastial izquierdo en progresiva 135.0 m
	<p>Recomendaciones</p> <ul style="list-style-type: none">• Reforzar aún más este tramo colocando casetas de madera a no más de 3 pies de separación.• Rellenar los huecos existentes entre el entibado de madera y el techo y hastiales del túnel.• Dar mantenimiento continuo a los marcos de madera colocados en este tramo.• Colocar marco de madera en la entrada de los pozos existentes en este tramo.

Estado del Túnel de Larimar 5. (Tramo 0+140.0 m – 0+160.0 m)



	<p>Shotcrete En este tramo el shotcrete presenta agrietamientos en el techo y desprendimientos en casi todo el trayecto en ambos hastiales, siendo los más notables los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• 0+140.0 m., desprendimiento del shotcrete en hastial izquierdo.• 0+145.0 m., desprendimiento del shotcrete en hastial izquierdo.• 0+148.0 m., desprendimiento del shotcrete en hastial derecho de 23 cm.• 0+150.0 - 0+160.0 m., desprendimiento del shotcrete en parte baja de ambos hastiales.
	<p>Condiciones de los refuerzos En este tramo se visualizan las placas de los pernos dobladas y algunas mallas desprendidas. Las cerchas están expuestas y se visualizan dobladas en las siguientes progresivas:</p>



Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

 	<ul style="list-style-type: none">• A lo largo de todo el tramo las cerchas se visualizan más dobladas.• 0+148.6.0 m, cercha muy doblada en entrada de pozo.• 0+155.0 m, cercha muy doblada en entrada de pozo.
	Entibado de Madera Este tramo no está entibado.
	Filtraciones de Agua Este tramo presenta humedad en las siguientes progresivas: <ul style="list-style-type: none">• 0+140.0 - 0+153.0 m, presenta humedad en el techo.• 0+153.0 m, humedad en hastial derecho.
	Observaciones <ul style="list-style-type: none">• No existe acumulación de escombros.• Pozo existente hastial derecho en progresiva 0+148.6 m.• Pozo existente hastial izquierdo en progresiva 0+155.0 m
	Recomendaciones <ul style="list-style-type: none">• Colocar entibado a lo largo de todo el tramo, con separación entre los marcos de madera de no más de 3 pies.• Colocar marco de madera en la entrada de los pozos existentes en este tramo.



Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

Estado del Túnel de Larimar 6. (Tramo 0+160.0 m – 0+185.0 m)



Shotcrete

En este tramo el shotcrete presenta agrietamientos en el techo y desprendimientos en casi todo el trayecto en ambos hastiales, siendo los más notables los siguientes:

- 0+160.0 m., desprendimiento del shotcrete en su totalidad.
- Desprendimiento del shotcrete a lo largo de todo el tramo en ambos hastiales.
- 0+170.0 m., desprendimiento del shotcrete en su totalidad.

Condiciones de los refuerzos

En este tramo no se visualizan cerchas desde la progresiva 0+160.0 m hasta la 0+180.0 m, a partir de aquí hasta la 0+185.0 m, las cerchas están expuestas, encontrándose alguna de ellas ligeramente dobladas. Las placas de los pernos se observan dobladas y las mallas desprendidas en las zonas donde ya no hay shotcrete.

Entibado de Madera

Este tramo el entibado no se visualiza fracturado, estando colocado únicamente en dos zonas:

- 0+160.0 m, se encuentra completamente entibado, presentando casetas con puntales de hasta 35 cm de diámetros y separaciones entre puntales mínimas de 1.2 m y máximas de hasta 1.8 m.
- 0+170.0 m, se encuentra completamente entibado, presentando casetas con puntales de hasta 32 cm de diámetros y separaciones entre puntales de 2.12 m.

Se utilizaron fragmentos de rocas y maderas de hasta 20 cm de diámetro para el relleno de los hastiales y el techo en los entibados colocados.

Filtraciones de Agua

Este tramo presenta humedad en el techo a lo largo de todo el trayecto.

Observaciones


- No existe acumulación de escombros.
- Pozo existente hastial derecho en progresiva 180.0 m.




Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

	<ul style="list-style-type: none">• Pozo existente hastial izquierdo en progresiva 183.0 m.
	<p>Recomendaciones</p> <ul style="list-style-type: none">• Colocar entibado a lo largo de todo el tramo, con separación entre los marcos de madera de no más de 3 pies.• Dar mantenimiento continuo a los marcos de madera colocados en este tramo.• Colocar marco de madera en la entrada de los pozos existentes en este tramo.

Estado del Túnel de Larimar 7. (Tramo 0+185.0 m – 0+220.0 m)


	<p>Shotcrete</p> <p>En este tramo el shotcrete presenta agrietamientos en el techo y en ambos hastiales, siendo los más notables los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• 0+215.0 m., desprendimiento del shotcrete en su totalidad.
	<p>Condiciones de los refuerzos</p> <p>En este tramo las cerchas se visualizan dobladas. Las placas de los pernos se observan dobladas y las mallas desprendidas en las zonas donde ya no hay shotcrete.</p>
	<p>Entibado de Madera</p> <p>Este tramo no presenta entibado a lo largo de casi toda su longitud, estando colocado únicamente en una zona:</p> <ul style="list-style-type: none">• 0+215.0 m, se encuentra completamente entibado, presentando casetas con puntales de hasta 35 cm de diámetros y separaciones entre puntales mínimas de 1.2 m y máximas de hasta 1.8 m. <p>Se utilizaron fragmentos de rocas y maderas de hasta 20 cm de diámetro para el relleno de los hastiales y el techo en los entibados colocados.</p>
	<p>Filtraciones de Agua</p>



Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

	<p>Este tramo presenta humedad en el techo a lo largo de todo el trayecto.</p>
	<p>Observaciones</p> <ul style="list-style-type: none">• No existe acumulación de escombros, excepto al final del tramo donde se está colocando el entibado de madera.
	<p>Recomendaciones</p> <ul style="list-style-type: none">• Colocar entibado donde las cerchas se encuentren más dobladas y donde la separación entre marcos sea mayor a 3 pies, utilizando separación entre los marcos de madera de no más de 3 pies.• Rellenar los huecos existentes entre el entibado de madera y el techo y hastiales del túnel.• Dar mantenimiento continuo a los marcos de madera colocados en este tramo.• Colocar marco de madera en la entrada de los pozos existentes en este tramo.



Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

4. Conclusiones

Luego de concluida la inspección de los trabajos de limpieza y reforzamiento dentro del túnel de Larimar, se concluye, que para mantener condiciones mínimas de seguridad dentro del túnel se debe:

- En el tramo comprendido entre los 100 y 140 metros se debe sustituir la madera que se encuentre fracturada, colocar marcos o casetas de madera separadas a 3 pies, rellenar los huecos existentes entre el techo y la madera, así como también entre los laterales del túnel y la madera, con astillas de madera y sacos rellenos de material y cemento.
- El tramo comprendido entre los 140 y 160 metros se encuentra sin refuerzo de madera, por lo que se debe colocar un nuevo entibado debido a que las cerchas están muy dobladas.
- Entre los 160 y 180 metros se debe colocar marcos o casetas de madera separadas a 3 pies, rellenar los huecos existentes entre el techo y la madera, así como también entre los laterales del túnel y la madera, con astillas de madera y sacos rellenos de material y cemento.
- Desde los 180 hasta los 210 metros el túnel está sin entibar, por lo que se deben colocar refuerzos de madera donde las cerchas están más dobladas.
- En el último tramo entre los 210 y 215 metros, se debe colocar marcos o casetas de madera separadas a 3 pies, rellenar los huecos existentes entre el techo y la madera, así como también entre los laterales del túnel y la madera, con astillas de madera y sacos rellenos de material y cemento.
- Mantener el túnel principal de acceso limpio y libre de escombros.



Ministerio de Energía y Minas

Dirección General de Minería

“Año de la Innovación y la Competitividad”

- Construir en la entrada de cada uno de los pozos artesanales habilitados un marco de madera que sirva de refuerzo para estos.
- Dar mantenimiento continuo a los entibados de madera colocados.

Respecto al monitoreo de las grietas existentes en la parte superior de las montañas contiguas a la mina de Larimar, pudimos observar que existe un crecimiento en las mediciones tomadas en campo, por lo que se recomienda realizar el monitoreo con mayor frecuencia (mensual), con el objetivo de determinar si realmente las grietas están aumentando de tamaño y poder tomar las medidas preventivas que sean necesarias.