



FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y DEL COMPORTAMIENTO HUMANO

Trabajo de fin de Carrera titulado:

Análisis de riesgos mecánicos bajo la metodología NTP 330, en la fase de exploración inicial, en una empresa de exploración en mediana y gran minería (Metálicos y no Metálicos).

Realizado por:

GABRIEL ALEJANDRO BARRERA MONCAYO

Director del proyecto:

MSC. WASHINGTON JAVIER GOYES CHULDE

Como requisito para la obtención del título de:

ESPECIALISTA EN SEGURIDAD MINERA

QUITO, 26 DE SEPTIEMBRE del 2021

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Gabriel Alejandro Barrera Moncayo, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 1720363975, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



GABRIEL ALEJANDRO BARRERA MONCAYO

C.I.: 1720363975

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante,
orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y
dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



Tutor: Javier Goyes

Master en Seguridad, Salud y Ambiente

LOS PROFESORES INFORMANTES:

ÁNDRES MAXIMILIANO YCAZA PALACIOS

GERARDO MARCELO LLERENA CARRERA

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa
oral ante el tribunal examinador.

Ab. Andrés Maximiliano Ycaza Palacios

Ing. Gerardo Marcelo Llerena Carrera

Quito, 26 de Septiembre de 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



GABRIEL ALEJANDRO BARRERA MONCAYO

C.I.: 1720363975

Tabla de contenido

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	- 2 -
ÍNDICE DE TABLAS	- 3 -
1. CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	- 4 -
2. RÉSUMEN / ABSTRACT	- 5 -
ABSTRACT	- 6 -
3. INTRODUCCIÓN	- 7 -
4. OBJETIVOS	- 8 -
5. ANTECEDENTES	- 9 -
5.1. Datos estadísticos de la industria minera en el Ecuador	- 11 -
5.2. Fases mineras en el Ecuador	- 15 -
6. METODOLOGÍA	- 17 -
6.1. Identificación de Riesgos	- 17 -
6.2. Medición de riesgos	- 17 -
6.3. Evaluación de Riesgos	- 17 -
6.4. Controles de los Riesgos	- 18 -
6.5. Metodología NTP 330 o método simplificado de evaluación de riesgo de accidente	- 18 -
6.6. Niveles de Control de Riesgos (ISO 45001 Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo)	- 23 -
6.7. Actividades Mineras en Exploración Inicial	- 24 -
6.7.1. Recopilación de información	- 26 -
6.7.2. Teledetección	- 26 -
6.7.3. Geología	- 29 -
6.7.4. Geoquímica y Geofísica	- 31 -
6.7.5. Sondajes exploratorios	- 34 -
6.7.6. Interpretación resultados	- 39 -
7. RESULTADOS	- 41 -
7.1. Recopilación de información	- 41 -
7.2. Teledetección	- 41 -
7.3. Geología	- 44 -
7.4. Geoquímica y geofísica	- 48 -
7.5. Sondajes exploratorios	- 53 -
8. CONCLUSIONES	- 64 -

9. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	- 68 -
10. BIBLIOGRAFÍA	- 69 -
11. ANEXOS	70
11.1. Anexo #1 Matriz de evaluación de riesgos mecánicos NTTP 330.....	70
11.2. Anexo #2 Mapa de riesgos plataforma de perforación.....	71
11.3. Anexo #3 Mapa de recursos plataforma de perforación.....	72
11.4. Anexo #4 Mapa de Evacuación plataforma de perforación	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Jerarquización de controles riesgos laborales.....	- 23 -
Ilustración 2 Esquema Actividades Exploración Inicial	- 25 -
Ilustración 3 Aeronave adecuada con Magnetómetro.....	- 27 -
Ilustración 4 Mapa de anomalía regional.....	- 28 -
Ilustración 5 Muestreo Rock Chips	- 29 -
Ilustración 6 Colocación de placas metálicas	- 30 -
Ilustración 7 Muestreo rocas afloramientos superficiales	- 30 -
Ilustración 8 Toma de sedimentos en aluviales	- 32 -
Ilustración 9 Corte de rocas.....	- 32 -
Ilustración 10 Resultados Anomalías Geoquímicas Específicas	- 33 -
Ilustración 11 Resultados anomalías geoquímicas – geofísicas regionales	- 34 -
Ilustración 12 Scout Rolling Exploración Inicial.....	- 35 -
Ilustración 13 Transporte de equipos y herramientas sondajes exploración inicial	- 36 -
Ilustración 14 Distribución plataforma de perforación exploración inicial	- 37 -
Ilustración 15 Plataforma exploración inicial.....	- 38 -
Ilustración 16 Corte de testigos.....	- 39 -
Ilustración 17 Interpretación de resultados.....	- 40 -
Ilustración 18 Nivel de intervención riesgo mecánico teledetección	- 42 -
Ilustración 19 Nivel de intervención riesgo mecánico movilización pedestre	- 45 -
Ilustración 20 Nivel de intervención riesgo mecánico Recolección de muestras de rocas (rock chips)	- 46 -
Ilustración 21 Muestreo de sedimentos fluviales en cuerpos de agua.....	- 50 -
Ilustración 22 Nivel de intervención Magnetometría	- 51 -
Ilustración 23 Nivel de intervención Apertura de trocha y plataforma	- 56 -
Ilustración 24 Nivel de intervención Construcción de Plataforma.....	- 57 -
Ilustración 25 Nivel de intervención Transporte de equipos y taladro de perforación	- 58 -
Ilustración 26 Nivel de intervención Sondajes de exploración	- 59 -
Ilustración 27 Nivel de intervención Extracción de testigos	- 60 -
Ilustración 28 Nivel de intervención Corte de rocas de testigos de perforación.....	- 61 -
Ilustración 29 Porcentaje de riesgos mecánicos Exploración Inicial	- 65 -
Ilustración 30 # Riesgos mecánicos en procesos Exploración Inicial	- 66 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categorización de industria minera Ecuador.....	- 10 -
Tabla 2 Valor agregado Bruto Minería al PIB	- 11 -
Tabla 3 Exportaciones de oro en el Ecuador.....	- 12 -
Tabla 4 Exportaciones de plata en el Ecuador.....	- 13 -
Tabla 5 Total de exportaciones de Oro y Plata en el Ecuador	- 14 -
Tabla 6 Reporte de incidentes / accidentes ARCOM 2019	- 15 -
Tabla 7 Nivel de deficiencia	- 19 -
Tabla 8 Nivel de Exposición	- 20 -
Tabla 9 Determinación de Nivel de Probabilidad	- 20 -
Tabla 10 Nivel de Probabilidad	- 21 -
Tabla 11 Determinación de Nivel de Consecuencias	- 22 -
Tabla 12 Nivel de Intervención.....	- 22 -
Tabla 13 Técnicas de Teledetección	- 27 -
Tabla 14 Otros factores de riesgo Recopilación de información	- 41 -
Tabla 15 Evaluación de riesgo mecánico NTTP 330 Teledetección.....	- 41 -
Tabla 16 Otros factores de riesgo identificados Teledetección	- 43 -
Tabla 17 Evaluación de riesgo mecánico NTTP 330 Geología.....	- 44 -
Tabla 18 Otros factores de riesgo Geología	- 47 -
Tabla 19 Evaluación de riesgo mecánico NTTP 330 Geoquímica y geofísica	- 48 -
Tabla 20 Nivel de intervención Movilización pedestre por concesión minera	- 49 -
Tabla 23 Otros factores de riesgo Geoquímica y geofísica	- 53 -
Tabla 24 Evaluación de riesgo mecánico NTTP 330 Sondajes de Exploración	- 53 -
Tabla 31 Otros factores de riesgo Sondajes exploratorios	- 63 -
Tabla 32 Resultados evaluación de riesgos mecánicos más significativos Exploración Inicial.....	- 66 -

1. CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Yo, **Gabriel Alejandro Barrera Moncayo**, con número de cédula **1720363975**, estudiante de la **Especialización en Seguridad Minera** de la **Facultad de Ciencias en el comportamiento del trabajo humano**, de la **Universidad Internacional SEK**, DECLARA que el Proyecto de investigación titulado “Análisis de riesgos mecánicos bajo la metodología NTP 330, en la fase de exploración inicial, en una empresa de exploración en mediana y gran minería (Metálicos y no Metálicos)” es fruto exclusivamente de su esfuerzo intelectual, y que no ha empleado para su realización medios ilícitos, ni ha incluido material publicado o escrito por otra persona, sin mencionar la correspondiente autoría. Es este sentido, confirma específicamente que las fuentes hayan podido emplear para la realización de dicho trabajo, si las hubiera, están correctamente referenciadas en el cuerpo del texto, en forma de cita, y en la bibliografía final.

Asimismo, declaro conocer y aceptar que el plagio del Proyecto entendido como la presentación de un trabajo ajeno o la copia de textos sin citar su procedencia y considerándolos como elaboración propia, al vulnerar el Reglamento del Alumno, conllevará automáticamente la calificación de “suspense” (0) tanto en convocatoria ordinaria como en convocatoria extraordinaria, así como el resto de consecuencias establecidas en el Reglamento ya referido.

Del mismo modo, el alumno abajo firmante asume que el fin de este Proyecto es puramente didáctico y pedagógico, no pudiendo ser utilizado para otro fin distinto del mismo, siendo el alumno abajo firmante el único responsable de las consecuencias que tuviera el incumplimiento de esta premisa.

En **Quito** (Ecuador) a **26 de septiembre del 2021**



Fdo:.....

2. RÉSUMEN / ABSTRACT

La temática del presente estudio adopta forma, en base a la necesidad de identificar cuáles son los peligros presentes y evaluar los riesgos específicamente hablamos de riesgo mecánico, durante el desarrollo de las actividades realizadas en la fase de exploración inicial, en una empresa de mediana / gran escala de recursos metálicos y no metálicos.

El análisis de los riesgos mecánicos dentro de la industria minera es sujeto de un estudio específico ya que al ser uno de los riesgos más recurrentes durante el desarrollo de las actividades de exploración inicial, es necesario aplicar una metodología que permita identificar y estimar su magnitud.

El presente proyecto de investigación pretende identificar las principales actividades que se desarrollan en la fase de exploración de minerales en el Ecuador, y partiendo de esa identificación aplicar la metodología NTTP 330 “Método simplificado para la evaluación de riesgos de accidente”, acorde a los distintos cuerpos legales y reglamentos vigentes en el país

Los resultados de este trabajo de investigación nos permiten identificar los peligros y estimar los factores de riesgo mecánico que representan un mayor nivel de consecuencias, así como su nivel de intervención conforme la metodología utilizada, que se requieren tomar en cuenta para gestionar los riesgos a los que están expuestos los trabajadores en esta fase minera, principalmente son: caídas a distinto nivel, desplome de objetos, atrapamiento de extremidades y accidente aéreo, ya que pueden convertirse en un potencial accidente de trabajo con incapacidades de permanentes parciales y totales o inclusive fatalidades.

Por lo que la gestión de estos riesgos mediante las medidas de mitigación y prevención son fundamentales para evitar la materialización de eventos no deseados en la industria minera.

ABSTRACT

The present study takes form, based on the need to identify which are the hazards present on the industry and evaluate the risks specifically mechanical risk, during the development of the activities carried out in the initial exploration phase, in a medium-sized company / large-scale metallic and non-metallic resources.

The analysis of mechanical risks within the mining industry is the subject of a specific study since, being one of the most recurrent risks during the development of initial exploration activities, it is necessary to apply a methodology that allows the identification and estimation of the risks magnitude.

This research project aims to identify the main activities that are developed in the mineral exploration phase in Ecuador, and based on the application of the methodology "NTTP 330 methodology "Simplified method for the evaluation of accident risks", according to the different legal normative and regulations that are valid in Ecuador.

The results of this research work allow us to identify the hazards and estimate the mechanical risk factors that represent a higher level of consequences, as well as their level of intervention according to the methodology used, which must be managed, to control the risks that the workers are exposed in this mining phase, mainly are: falls at different levels, falling objects, entrapment of limbs and air accident, since they can become a potential work accident with partial and total permanent disabilities or even fatalities.

Therefore, the management of these risks through mitigation and prevention measures are essential to avoid the materialization of unwanted events in the mining industry.

Palabras clave: Riesgo mecánico, exploración inicial, nivel de intervención, fases mineras,

3. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en el Ecuador y el mundo, la sociedad utiliza en gran parte de su día a día un sin número de minerales, mismos que para su obtención se encuentran en yacimientos mineralizados en el subsuelo bajo la corteza terrestre.

Tal es así que la necesidad de buscar, explorar y encontrar más de estos yacimientos en El Ecuador y el mundo cada vez es mayor, siendo una parte importante para el desarrollo de los pueblos y comunidades en la actualidad.

Por tal motivo y para este fin las empresas dedicadas a la exploración de estos minerales, realizan distintas actividades y sub procesos dentro de una concesión minera legalmente establecida, por lo que para el desarrollo de manera efectiva y segura de estas actividades se necesita un análisis sobre los peligros y riesgos que están presentes para poder gestionarlos de manera adecuada y así evitar accidentes laborales durante el desarrollo de esta actividad productiva.

En el Ecuador la industria minera ha presentado un considerable despunte en los últimos años, y se ha convertido en una fuente importante de los ingresos (PIB) del país, con una proyección o tendencia a seguir creciendo en los siguientes años, por tal motivo es importante conocer a ciencia cierta cuales son los procesos o actividades presentes y que representan un mayor riesgo de accidente / lesión laboral.

Los riesgos presentes dentro de las actividades de exploración inicial, son en su gran mayoría los riesgos mecánicos, siendo una de las causas más importantes de accidentes en la industria minera en su fase de exploración inicial, por lo que la importancia de gestionar estos riesgos, identificándolos, midiéndolos, evaluándolos y tomando medidas de mitigación para evitar accidentes laborales es de gran importancia para el desarrollo de las actividades mineras

Se ha evidenciado que, dentro de las actividades desarrolladas en esta fase minera, los factores de riesgo mecánico más predominantes son: levantamiento de cargas, desplome de objetos, caídas al mismo y distinto nivel, posturas forzadas, sobre esfuerzos físicos, etc.

Para lo cual el objeto de este documento es establecer un plan de prevención que nos permita reducir o mitigar el riesgo de accidente durante la ejecución de actividades en esta fase minera.

4. OBJETIVOS

1. Identificar los riesgos mecánicos presentes en las actividades mineras en la fase de exploración inicial.
2. Estimar el nivel de riesgo y el nivel de intervención de las actividades en exploración inicial acorde a la metodología NTTP 330 “Método simplificado para la evaluación de riesgo de accidente”.
3. Recomendar un plan de acción para gestionar los riesgos mecánicos identificados en la fase de exploración inicial.

5. ANTECEDENTES

Ecuador ha venido desarrollando la actividad minera desde hace varias décadas atrás, con minería de oro, plata y platino. El 80% de los recursos metálicos (cobre, oro, plata, molibdeno y tierras raras) se ubican en las provincias de Zamora Chinchipe y Morona Santiago. Adicionalmente, en el país existen alrededor de 6.000 canteras de materiales de construcción, de las cuales alrededor de 1.200 son activas y alrededor de 4.800 intermitentes (**Cornejo Aguiar, 2016**).

En los últimos años Ecuador no ha tenido como eje central la minería para su economía nacional, a diferencia de la industria hidrocarburífera, por muchos años el enfoque principal del gobierno era el petróleo, por su importancia en el aporte al PIB nacional.

Sin embargo, en los últimos 10 años la minería ha ido poco a poco escalando niveles en su actividad, participando de manera más activa en las exportaciones e ingresos al país con el descubrimiento de nuevos yacimientos se ha podido vislumbrar un potencial importante para la economía del Ecuador.

En el 2008 ante la nueva Constitución del Ecuador, se emitió el “Mandato minero”, donde se declaró la extinción de concesiones mineras sin estudios de impacto ambiental o desarrollo en sus proyectos, provocando un retraso en el desarrollo de la industria minera en el país.

En el 2015 ante la innegable importancia de la minería en el Ecuador se creó el Ministerio de Minería, donde se establecieron políticas más dinámicas y efectivas para el desarrollo de la industria.

Los ejes más importantes dentro de la política minera actual en el Ecuador son:

- ✓ Identificar, legalizar y formalizar a los mineros pequeños y artesanales con el objetivo de tratar los problemas ambientales, de seguridad minera y tráfico ilegal vinculado a la actividad minera.
- ✓ Otro de los ejes principales del mandato minero, es establecer condiciones adecuadas o favorables para atraer inversiones extranjeras al Ecuador como lo es la minería a gran escala.

En el Ecuador se han conformado 4 categorías de minería, que se categorizarán acorde a su capacidad de producción para minerales metálicos y no metálicos, se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 1 Categorización de industria minera Ecuador

Categorización de la Industria Minera en el Ecuador				
Régimen de Minería	Minería Artesanal	Pequeña Minería	Mediana Minería	Minería a Gran Escala
	Metálicos mina subterránea: Hasta 10 toneladas por día	Metálicos mina subterránea: Hasta 300 toneladas por día	Metálicos mina subterránea: Desde 301 Hasta 1000 toneladas por día	Metálicos mina subterránea: Desde 1001 toneladas por día
	Metálicos aluviales: Hasta 120 metros cúbicos por día	Metálicos a cielo abierto: Hasta 1000 toneladas por día	Metálicos a cielo abierto: Desde 1001 hasta 2000 toneladas por día	Metálicos a cielo abierto: Desde 20001 toneladas por día
		Minería Aluvial: Hasta 1500 metros cúbicos por día	Minería Aluvial: Desde 1501 hasta 3000 metros cúbicos por día	Minería Aluvial: Desde 3001 metros cúbicos por día
	No metálicos: mina subterránea hasta 50 toneladas por día	No metálicos: mina subterránea hasta 300 toneladas por día	No metálicos: mina subterránea desde 1001 hasta 3000 toneladas por día	No metálicos: mina subterránea desde 1001 hasta 3000 toneladas por día
	Materiales de construcción -Minería de aluviales o materiales no consolidados hasta 100 metros cúbicos. -Minería a cielo abierto en roca dura (cantera): hasta 50 toneladas métricas por día.	Materiales de construcción -Minería de terrazas aluviales hasta 800 metros cúbicos. -Minería a cielo abierto en roca dura (cantera): hasta 500 toneladas métricas por día.	Materiales de construcción -Minería de terrazas aluviales: desde 801 hasta 2000 metros cúbicos. -Minería a cielo abierto en roca dura (cantera): desde 501 hasta 1000 toneladas métricas por día.	Materiales de construcción -Minería de terrazas aluviales: desde 2001 metros cúbicos. -Minería a cielo abierto en roca dura (cantera): desde 1001 toneladas métricas por día.

Fuente: ARCOM - 2019

Actualmente en el país alrededor de 6 proyectos mineros a gran escala que son: Loma Larga, Curipamba, La Plata, Ruta de Cobre, Cangrejos y Casacabel, cada uno de estos proyectos tiene un potencial de convertirse en una fuente de ingresos importante para el Ecuador, por lo que es necesario implementar técnicas, métodos, tecnologías para desarrollar esta actividad de manera segura para los trabajadores para el medio ambiente y para sus comunidades.

5.1. Datos estadísticos de la industria minera en el Ecuador

A continuación, podemos observar algunos datos importantes del aporte de la industria minera en la economía del Ecuador:

Tabla 2 Valor agregado Bruto Minería al PIB

Años	Explotación de minerales metálicos	Explotación de minerales no metálicos y actividades de apoyo para las minas y canteras	Explotación de minas y canteras (Total)
2007	0,17	0,12	0,29
2008	0,20	0,13	0,33
2009	0,18	0,13	0,31
2010	0,19	0,13	0,32
2011	0,18	0,14	0,32
2012	0,21	0,14	0,36
2013	0,22	0,15	0,38
2014	0,26	0,16	0,41
2015	0,26	0,17	0,42
2016 sd	0,28	0,18	0,45
2017 p	0,32	0,17	0,49
2018 p	0,32	0,17	0,48
2019 p	0,33	0,16	0,50

Fuente: Banco Central del Ecuador – Reporte minero 2021

A continuación, se presenta información sobre las exportaciones de oro han ido variando con el paso de los años en Ecuador, donde se ha podido evidenciar importantes repuntes en los años **2014 con 28. 573 kilogramos** y **2015 con 20.801 kilogramos**:

Tabla 3 Exportaciones de oro en el Ecuador

Año	Kilogramos	USD precio dólares FOB	Valor unitario dólares/kg
2005	5,111	17,358,576	3,397
2006	4,432	34,453,348	7,774
2007	6,399	67,074,615	10,481
2008	4,387	90,386,771	20,602
2009	2,298	53,754,224	23,395
2010	2,495	70,082,455	28,088
2011	3,631	131,583,224	36,239
2012	10,846	392,195,634	36,161
2013	14,783	433,959,162	29,356
2014	28,573	1,002,067,154	35,070
2015	20,801	681,809,007	32,777
2016	7,540	261,864,921	34,731
2017	5,094	167,576,454	32,899
2018	6,516	170,482,352	26,162
2019	7,913	194,162,210	24,537
2020 **	7,283	333,486,315	45,789

Fuente: Banco Central del Ecuador – Reporte minero 2021

En cuanto a las exportaciones de plata se ha podido evidenciar una disminución considerable. Siendo así que en el año 2019 se registró solo 1 Kg de plata, sin embargo, entre enero y noviembre del 2020 se exportaron 1,071 Kg, superando las exportaciones de los últimos 4 años.

Tabla 4 Exportaciones de plata en el Ecuador

Año	Kilogramos	USD precio dólares FOB	Valor unitario dólares/kg
2005	73	26,146	357
2006	499	140,828	282
2007	808	367,637	455
2008	12	5,971	506
2009	4	1,740	415
2010	-	-	-
2011	3,451	2,137,571	619
2012	4,751	2,143,899	451
2013	1,334	1,004,720	753
2014	2,398	1,540,167	642
2015	1,831	892,414	487
2016	699	334,660	479
2017	213	113,632	534
2018	-	-	-
2019	1	34	61
2020 **	1,071	795,760	743

Fuente: Banco Central del Ecuador – Reporte minero 2021

En el Ecuador alcanzaron las estadísticas de oro y plata, obtuvieron un margen en valores FOB (Free on Board) de 17,4 millones USD en 2005 equivalente al 0,17 % del total exportado en el país. En el año 2007 aumento a 67,4 millones con el 0,47 % del total de exportaciones. En el año 2012 fueron más representativas las exportaciones, en el año 2014 se alcanzó un valor de 1,003.6 millones de dólares en exportaciones, siendo el 3,90 % del total de exportaciones anuales. En el año 2019 se redujo ese valor de exportaciones a 194,2 millones USD, siendo el 0,87 % del total de exportaciones del país.

Es importante mencionar que con la entrada en producción de las minas Fruta del norte y Mirador, las estadísticas en exportaciones en valores FOB (Free on board), aumentaron de manera considerable, siendo así que desde enero a noviembre del 2020 se registró un valor de **334,3 millones USD** siendo el **1,82%** del **total exportado** en el Ecuador en dicho año.

Tabla 5 Total de exportaciones de Oro y Plata en el Ecuador

Años	Exportaciones Totales	Exportaciones de Oro	Exportaciones de Plata	Total Plata y Oro	Export. Oro y Plata / Export. Totales
Año	Usd FOB millones	USD FOB millones	USD FOB millones	USD FOB millones	Porcentaje
2005	10,00.0	17.4	0.0	17.4	0.17
2006	12,728.1	34.5	0.1	34.6	0.27
2007	14,321.3	67.1	0.4	67.4	0.47
2008	18,818.3	90.4	0.0	90.4	0.48
2009	13,863.1	53.8	0.0	53.8	0.39
2010	17,489.9	70.1	-	70.1	0.40
2011	22,322.3	131.6	2.1	133.7	0.60
2012	23,764.8	392.2	2.1	394.3	1.66
2013	24,750.9	434.0	1.0	435.0	1.75
2014	25,724.4	1,002.1	1.5	1,003.6	3.90
2015	18,330.7	681.8	0.9	682.7	3.72
2016	16,797.7	261.9	0.3	262.2	1.56
2017	19,092.4	167.6	0.1	167.7	0.88
2018	21,628.0	170.5	-	170.5	0.79
2019	22,329.4	194.2	0.0	194.2	0.87
2020 **	18,404.1	333.5	0.8	334.3	1.82

Fuente: Banco Central del Ecuador – Reporte minero 2021.

En el 2008 ante la nueva Constitución del Ecuador, se emitió el “Mandato minero”, donde se declaró la extinción de concesiones mineras sin estudios de impacto ambiental o desarrollo en sus proyectos, provocando que la industria busque regularizar sus procesos y brindando un mayor impulso a la minería responsable.

En el 2015 dado a que los valores de producción y exportaciones de minerales tuvo un considerable aumento se creó el Ministerio de Minería, donde se establecieron políticas más dinámicas y efectivas para el desarrollo de la industria.

Los ejes más importantes en sus políticas son:

- ✓ Identificar, legalizar y formalizar a los mineros pequeños y artesanales con el objetivo de tratar los problemas ambientales, de seguridad minera y tráfico ilegal vinculado a la actividad minera.

- ✓ Establecer condiciones para atraer inversiones extranjeras al Ecuador como lo es la minería a gran escala, en el Ecuador existen alrededor de 6 proyectos mineros importantes: Loma Larga, Curipamba, La Plata, Ruta de Cobre, Cangrejos y Casacabel, cada uno de estos proyectos tiene un potencial de convertirse en una fuente de ingresos importante para el Ecuador.

A continuación, podemos observar en la siguiente tabla un reporte de incidente / accidentes realizada por la Agencia de Regulación y Control Minero por provincia en el Ecuador, es uno de los pocos datos sobre accidentabilidad en el sector minero, ya que anteriormente predominaba la minería informal en el Ecuador, y no se tiene datos estadísticos sobre la siniestralidad laboral en el sector, por lo que como vimos anteriormente uno de los ejes principales de la política minera es regularizar a las empresas y velar por el cumplimiento por las normas y responsabilidades patronales, así como promover espacios de trabajo más seguros y saludables durante el desarrollo de las operaciones mineras.

Tabla 6 Reporte de incidentes / accidentes ARCOM 2019

Coordinación Regional:	Riobamba	Zamora	Loja	Macas	Cuenca	Ibarra	Tena	Machala	Guayaquil
Número de fallecidos reportados en el año 2019:	0	2	0	0	7	0	0	5	0
Número de accidentes reportados en el año 2019:	0	0	0	0	7	0	0	0	0
Porcentaje de inspecciones donde se detectó incumplimientos en el ámbito de seguridad y salud ocupacional:	6%	4%	11%	5%	13%	33%	5%	30%	13%

Fuente: Reportes emitidos por las Coordinaciones Regionales de Regulación y Control Minero con inspecciones realizadas durante el año 2019 con la fecha de corte al mes de junio.

5.2. Fases mineras en el Ecuador

Dentro del marco legal actual vigente en el Ecuador, específicamente en la Ley Minera, nos menciona que la industria minera está constituida varias fases, que permiten desarrollar esta actividad de manera organizada, lógica y secuencial.

Las fases mineras vigentes en el Ecuador son las siguientes:

- **Prospección.** - Esta etapa consiste en buscar zonas mineralizadas, en una determinada área o región, Se utilizan técnicas geológicas modernas y apropiadas para estos estudios iniciales.
- **Exploración.** – En esta fase se pretende determinar el tamaño y conformación de un posible potencial mineralógico. Se puede dividir en exploración inicial o de avanzada e incluye la evaluación económica del yacimiento, su factibilidad de manera técnica y el diseño de una posible explotación.
- **Explotación.** – Esta fase consiste en varias actividades conjuntas, como por ejemplo Destape del depósito mineral, construcción de accesos, relaves, minada y producción y cierre de minas, que prepararán el desarrollo del potencial mineralógico.
- **Beneficio.** – Esta fase trata de un conjunto de procesos físicos, químicos y/o metalúrgicos a los que se aplican a los minerales producto de la explotación con el objetivo de aumentar la calidad del mineral.
- **Fundición.** – Esta fase principalmente trata de la fusión o separación de minerales, concentrados o precipitados de éstos, con el objeto de separar el producto metálico que se desea obtener, de otros minerales que lo acompañan.
- **Refinación.** - Consiste en el proceso de purificación de los metales producto de la fundición, para su transformación industrial.
- **Comercialización.** – Es el proceso de negociación o celebración de contratos que tengan por objeto comerciar cualquier producto resultante de la actividad minera.
- **Cierre de minas.** - Consiste principalmente en el cierre y finalización de actividades instalaciones o facilidades utilizadas en cualquiera de las fases referidas previamente, incluyendo la reparación ambiental de acuerdo al plan de cierre debidamente aprobado por la autoridad competente.

6. METODOLOGÍA

6.1. Identificación de Riesgos

Para realizar la evaluación de **riesgo mecánico** en la etapa de exploración inicial, es importante primeramente entender que es el riesgo mecánico, por lo que se lo definirá de la siguiente manera:

Riesgo mecánico: es el conjunto de factores que tienen una acción mecánica (manipulación, contacto, choque, desplome, aplastamiento) de elementos, herramientas, equipos, maquinarias que interactúan con el trabajador y tienen la capacidad de ocasionar lesiones o daños a la persona.

Para la evaluación del riesgo mecánico presente en esta fase minera, para este fin se utilizará la **metodología NTP 330 “Método simplificado para la evaluación de riesgo de accidente”**, teniendo en cuenta:

- ✓ Las condiciones de trabajo existentes o previstas.
- ✓ La posibilidad de que la o el trabajador que ocupe determinado puesto sea especialmente sensible, por sus características personales o estado de salud conocido.
- ✓ La o las fuentes de ocurrencia de peligros.
- ✓ Los trabajadores que puedan ser afectados por los peligros existentes.

6.2. Medición de riesgos

Una vez realizada la identificación de los factores de riesgo, se realizará mediciones en los puestos de trabajo cuyo factor de riesgo requiera una medición para determinar el cumplimiento de la legislación nacional, o ante su inexistencia legislación internacional, referente a seguridad e higiene en el trabajo.

La medición de factores de riesgo deberá realizarse con equipos de medición correctamente calibrados y certificados, tomando en cuenta que la calibración total del instrumento sólo puede hacerse en un laboratorio acreditado para tal fin.

6.3. Evaluación de Riesgos

Los resultados de la medición serán comparados con los límites permisibles de la legislación nacional, o ante su inexistencia legislación internacional; a fin de estimar la magnitud de los riesgos identificados, obteniendo información necesaria para se pueda tomar las decisiones pertinentes y

oportunas sobre medidas preventivas y/o correctivas durante el desarrollo de las actividades mineras.

6.4. Controles de los Riesgos

Se tomarán medidas de control y mitigación de los riesgos cuya evaluación mediante esta metodología **NTPP 330** represente un riesgo para la salud de los trabajadores durante el desarrollo de sus actividades laborales.

Se aplicará la mejora de procesos por la metodología del PHVA de Deming, donde se planificará, se realizará los planes de acción y se verificará los resultados.

Por ello se implementará controles de la siguiente manera:

- **Fuente:** Trata acerca del control sobre la fuente de los riesgos que pueden ser equipos, máquinas, herramientas e instalaciones de trabajo mediante la aplicación de sistemas protección que mitiguen el foco del emisor del riesgo.
- **Medio:** Cuando no sea posible actuar sobre la fuente, se actuará sobre el medio de transmisión, aplicando medidas de control y protección entre la fuente generadora y el trabajador.
- **Receptor:** En esta fase se intenta brindar protección al receptor y/o trabajador de manera jerárquica, al no poder actuar o mitigar riesgos en la fuente y el medio de transmisión, se deberá tomar acciones en el receptor.

6.5. Metodología NTP 330 o método simplificado de evaluación de riesgo de accidente

A continuación, se describe la metodología utilizada en el presente proyecto de investigación, es la NTP 330 o método simplificado de evaluación de riesgo de accidente, con el fin de identificar y ponderar la severidad de los riesgos mecánicos presentes en fase de exploración inicial de minerales.

Esta metodología española nos permite identificar procesos, subproceso, actividades para estimar la magnitud de los riesgos presentes en determinada área o industria, así como dar niveles jerárquicos, que nos permitirán dar medidas preventivas y correctivas ante estos riesgos. Es necesario iniciar con la detección de las deficiencias presentes en los lugares o áreas de trabajo que se van a evaluar, con el fin de estimar la probabilidad de que ocurra un accidente/ incidente, se deberá tomar en cuenta el nivel de consecuencias que puedan entrañar estos riesgos y evaluar el riesgo asociado a cada una de dichas deficiencias.

- El nivel **(ND)** se refiere a la magnitud entre el esperable entre el conjunto de factores de riesgo considerados y su relación causal directa con el posible accidente. Los valores numéricos empleados en esta metodología y el significado de los mismos se indica en el cuadro 3.

Tabla 7 Nivel de deficiencia

Nivel de Deficiencia	ND	Significado
Muy deficiente	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas respecto al riesgo resulta ineficaz.
Deficiente	6	Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable.
Mejorable	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia, la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de forma apreciable.
Aceptable	-	No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado no se valora.

Fuente: NTPP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgo de accidente

- El nivel de exposición **(NE)** es una medida de la frecuencia con la que se da exposición al riesgo. Para un riesgo concreto, el nivel de exposición se puede estimar en función de los tiempos de permanencia en áreas de trabajo, operaciones con máquina, etc.

Tabla 8 Nivel de Exposición

Nivel de Exposición	Ne	Exposición
Continua (EC)	4	Continuamente, varias veces en su jornada laboral por un tiempo prolongado
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con periodo de corto tiempo
Esporádica (EE)	1	Irregularmente

Fuente: NTPP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgo de accidente

A continuación, mediante la siguiente tabla podemos determinar el nivel de probabilidad del riesgo evaluado, mediante el cruce de los valores identificados en el Nivel de riesgo correspondiente a deficiencia (**ND**), y Nivel de exposición (**NE**).

Tabla 9 Determinación de Nivel de Probabilidad

	Nivel de Exposición (NE)				
		4	3	2	1
Nivel de Deficiencia (ND)	10	MA- 40	MA-30	A-20	A-10
	6	MA-24	A-18	A-12	M-6
	2	M-8	M-6	B-4	B-2

Fuente: NTPP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgo de accidente

En función del nivel de deficiencia de las medidas preventivas y del nivel de exposición al riesgo, se determinará el nivel de probabilidad (**NP**), el cual se puede expresar como el producto de ambos términos:

$$NP = ND \times NE$$

Tabla 10 Nivel de Probabilidad

Nivel de Probabilidad	NP	Significado
Muy Alta	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continuada, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alta	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en el siglo de vida laboral.
Media	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
Baja	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

Fuente: NTPP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgo de accidente

Se han tomado en cuenta los 4 niveles para manejar la clasificación de las consecuencias (**NC**). Se establece un doble significado; primero, se han categorizado los daños físicos por un lado y los daños materiales por otro. Ambos significados deben ser considerados de manera independiente, presentando un mayor porcentaje en la evaluación los daños a personas que los daños materiales.

Como puede observarse en la siguiente tabla la escala numérica de consecuencias es muy superior a la de probabilidad. Ello es debido a que el factor consecuencias debe tener siempre un mayor peso en la valoración.

Tabla 11 Determinación de Nivel de Consecuencias

Nivel de Consecuencias	NC	Significado	
		Daños Personales	Daños Materiales
Mortal o Catastrófico (M)	100	1 muerto o mas	Dstrucción total del sistema (difícil renovarlo)
Muy Grave (MG)	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Dstrucción Parcial del Sistema (Compleja y costosa reparación)
Grave(G)	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación
Leve (L)	10	Pequeñas lesiones que no requieran hospitalización	Reparable sin necesidad de paro del proceso

Fuente: NTPP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgo de accidente

El **nivel de intervención** permite determinar el nivel de riesgo y, mediante agrupación de los diferentes valores obtenidos, establecer bloques de priorización de las intervenciones, a través del establecimiento también de cuatro niveles.

Tabla 12 Nivel de Intervención

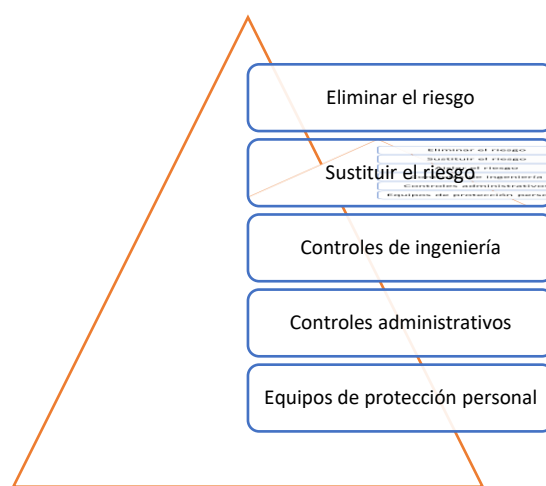
Nivel de Intervención	NR	Significado
I	4000-600	Situación crítica, corrección urgente
II	500-150	Corregir y adoptar medidas de control
III	120-40	Mejorar si es posible, sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
IV	20	No intervenir salvo que un análisis más preciso lo justifique

Fuente: NTPP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgo de accidente

6.6. Niveles de Control de Riesgos (ISO 45001 Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo)

Una vez identificado los procesos y los riesgos mecánicos que intervienen en una organización o empresa minera de exploración inicial, la norma ISO 45001 nos brinda 5 niveles de jerarquización de los controles para dichos riesgos evaluados, que son los siguientes:

Ilustración 1 Jerarquización de controles riesgos laborales



Fuente: ISO 45001 Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo

1. **Eliminación del riesgo.** - En caso de ser posible este será el primer paso que se tomará en una organización, este paso se enfoca en detener o no iniciar las actividades o procesos que implican un riesgo, eliminándolo por completo.
Sin embargo, no siempre es posible realizarlo ya que esto supondría un cambio o rediseño de los procesos productivos o costes muy elevados para la empresa.
2. **Sustitución del riesgo.** - Este punto se refiere a la sustitución del riesgo ya que eliminarlo no siempre es una opción, la organización debe ir en busca del riesgo más tolerable u otro proceso que sea menos arriesgado. Puede ser sustitución de tareas, equipos, herramientas, aditivos, productos que no represente un riesgo o entrañen un peligro mayor para el trabajador.
3. **Controles de ingeniería.** - En el siguiente nivel se refiere a cambiar o mitigar la consecuencia del riesgo, mediante la aplicación de tecnologías o protecciones colectivas que nos ayudaran a reducir el riesgo o la exposición del trabajador con el peligro, como por ejemplo guardas de protección en máquinas o equipos, sistemas de ventilación, barandas de protección, automatización de procesos, etc.

- 4. Controles administrativos.** - En este nivel se refiere que cuando exista riesgo residual o no se haya podido aplicar las otras medidas de control, se optara por medidas administrativas, como proporcionar información, instrucción, capacitación o supervisión en la ejecución de los procesos.

Procedimientos bien establecidos, inspecciones periódicas a equipos o herramientas, acceso solo a personal autorizado, manipulación a determinadas sustancias o equipos son ejemplos de los controles administrativos que se pueden aplicar.

- 5. Equipos de protección personal.** - En este nivel y si el riesgo continúa persistiendo, se utilizarán equipos de protección personal para garantizar la seguridad y salud del trabajador ante riesgos residuales.

Los equipos de protección pueden ser:

- Equipos de protección para cabeza
- Equipos de protección ocular
- Equipos de protección respiratoria
- Equipos de protección auditiva
- Equipos de protección extremidades superiores manos, antebrazos, etc.
- Equipos de protección extremidades inferiores
- Equipos de protección anti caídas

6.7. Actividades Mineras en Exploración Inicial.

Los proyectos de explotación minera requieren de varias fases y estudios que permiten definir y encontrar las características de un posible yacimiento y llegar a explotarlo, esta información es necesaria para determinar la información principal sobre la cantidad, calidad del mineral y su ubicación espacial.

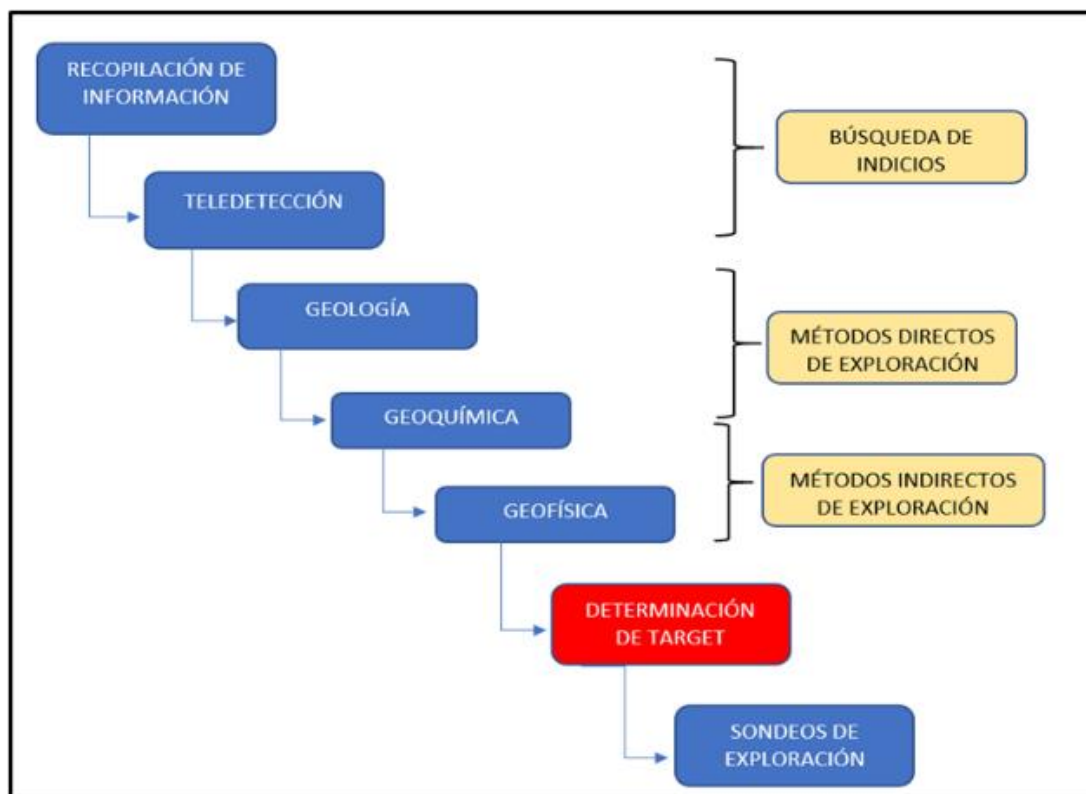
El método para identificar la información de los minerales y el contenido en un macizo rocoso, puede obtener de las siguientes maneras:

- ✓ Indirecta: Por medio de parámetros de estudios inferidos, a partir de las propiedades de los minerales, de la roca encajaste y el macizo rocoso.
- ✓ Directa: A través del estudio de las propiedades de las muestras de minerales y rocas, a través del estudio de muestras (testigos) tomados a profundidad.

Datos importantes sobre la exploración inicial:

El titular al que se le otorga la concesión minera, realizará actividades de exploración en el área de la concesión por un plazo estipulado de cuatro años, se planifica las actividades e inversiones mínimas incluidas en el informe anual de actividades e inversiones en exploración a realizarse, de acuerdo a los derechos y obligaciones establecidos en dicha concesión. En todo el territorio nacional, para el período de exploración inicial, se permitirá la perforación de sondeos de prueba o reconocimiento en un máximo de cuarenta (40) plataformas de 10 metros por lado por cada concesión minera. De manera excepcional, en aquellas concesiones que de forma parcial o total intercepten con áreas categorizadas como bosque y vegetación protectores, legalmente declaradas por el Ministerio del Ambiente, se permitirá la perforación de sondeos de prueba o reconocimiento en un máximo de veinte (20) plataformas de 6 metros por lado por cada concesión minera.

Ilustración 2 Esquema Actividades Exploración Inicial



Fuente: J. Castilla Gómez y J. Herrera Herbert

A continuación, se detallan las actividades que participan en esta fase minera:

Este trabajo de investigación se ha realizado en una empresa de exploración minera metálicos a mediana y gran escala, en un proyecto ubicado en la zona sur del país, provincia del Azuay, los datos e información utilizada se ha realizado por parte del autor ya que actualmente labora en dicha empresa.

6.7.1. Recopilación de información

Esta actividad principalmente se trata de la planificación por parte del equipo de geología, se documenta y recopila toda la información técnica necesaria sobre la zona de exploración dentro de la concesión minera. En esta se incluye informes previos, fotografías aéreas, folios anteriores, mapas estructurales, etc. para iniciar con el estudio de posibles áreas mineralizadas en una concesión minera otorgada legalmente.

Es de gran importancia la información con la que ya y cuente o ya se haya levantado en dicha zona de exploración, ya sea por la misma empresa o por otras empresas mineras de exploración.

6.7.2. Teledetección

Es una técnica aplicada en el ámbito minero que pretende interpretar, asociar y procesar información y datos asociados, las características del terreno ante energía electromagnética de relevancia. Se utilizan equipos y herramientas remotos, inalámbricos instalados en aeronaves para hacer un análisis en la topografía del área de interés.

En actividades de exploración inicial para realizar el subproceso de teledetección, se lo realiza a través de aeronaves y los basados en satélites para la emisión y adquisición de información. Los sistemas hiperspectrales se caracterizan por registrar imágenes en cientos de bandas espectrales muy estrechas.

Tabla 13 Técnicas de Teledetección

Característica	Landsat 4,5 Thematic mapper Tm	Landsat 7 Tm estimulado	SPOT Escaner multiespectral (XS)	SPOT Pancromático (Pan)	AVIRIS Escaner hiperespectral
Región Espectral					
Visible e IR reflejado	0,45 a 2,35 mm	0,45 a 2,35 mm	0,50 a 0,89 mm	-	0,40 a 2,50 mm
Pancromático	-	0,52 a 0,90 mm	-	0,51 a 0,73 mm	
Bandas espectrales	7	8	3	1	224
Cobertura de terreno					
Este a Oeste	185 km	185 km	60 km	60 km	10,5 km cross-track
Norte a Sur	170 km	170 km	60 km	60 km	
Resolución terrestre					
Visible e IR reflejado	30 x 30 m	30 x 30 m	20 x 20 m	-	20m
Pancromático	-	15x15 m	-	10 x 10 m	
IR Térmico	120 x 120 m	60 x 60 m	-	-	

Fuente: J. Castilla Gómez y J. Herrera Herbert / Sistemas de teledetección aplicables a la exploración minera (Sabins, 1999).

A continuación, podemos observar una aeronave modificada para realizar actividades de magnetometría.

Ilustración 3 Aeronave adecuada con Magnetómetro



Fuente: Autor Gabriel Barrera

Las ventajas de los sistemas de teledetección son los siguientes:

- Pueden obtener imágenes de toda la corteza terrestre.
- Cubren grandes áreas de terreno
- El valor de la adquisición por kilómetro cuadrado es menos costoso.

Las desventajas de los sistemas de teledetección son los siguientes:

- Las tecnologías hiperspectrales más innovadores solo se encuentran disponibles para aeronaves y no para satélites.

La información que se haya obtenido mediante las técnicas de teledetección se la gestiona digitalmente y es integrada con información georreferenciada, mediante los programas especializados para manejar información SIG (Sistema de información geográfica).

Este software SIG, permiten la gestión adecuada referenciada geográficamente mediante capas, layers, coordenadas, datos vectoriales, curvas de nivel, etc.

Ilustración 4 Mapa de anomalía regional



Fuente: UISEK – Especialización Seguridad Minera- Procesos en Minería

6.7.3. Geología

En este sub proceso se trata sobre realizar el muestreo de rocas en chips y corte con sierra en las quebradas y otros afloramientos que presenten minerales de alteración y de mena, recorriendo de manera pedestre la topografía de la concesión otorgada a una empresa minera de exploración.

Ilustración 5 Muestreo Rock Chips

	
Foto # 1: Toma de muestras rock chip y señalización de punto de muestreo en afloramiento superficial.	Foto # 2: Toma de muestras rock chip y señalización de punto de muestreo en afloramiento superficial.

Fuente: Autor Gabriel Barrera

Se colocan etiquetas metálicas codificadas, en los lugares de donde se tomaron las muestras de rocas para su posterior estudio en un laboratorio certificado, con el fin de identificar e inferir la calidad de minerales propios e inherentes de la roca muestreada.

Ilustración 6 Colocación de placas metálicas

	
Foto # 1: Placa de muestreo rock chips en afloramiento superficial.	Foto # 2: Inspección y verificación con lupa de muestras de rocas tomadas.

Fuente: Autor Gabriel Barrera

Ilustración 7 Muestreo rocas afloramientos superficiales

	
Foto # 1: Inspección y verificación con lupa de muestras de rocas tomadas.	Foto # 2: Verificación y búsqueda de afloramientos superficiales dentro de la concesión minera.

Fuente: Autor Gabriel Barrera

A partir de los datos que se obtuvieron y los resultados de los estudios realizados a nivel de afloramientos superficiales, la geología permite reproducir un modelo del terreno, necesario para identificar los principales lugares donde realizar las próximas prospecciones, y donde hay una mayor probabilidad de encontrar los yacimientos mineralizados.

6.7.4. Geoquímica y Geofísica

El objetivo principal de este proceso es determinar anomalías geoquímicas, relacionadas con cuerpos o estructuras mineralizadas, estudia la distribución y migración de los elementos minerales o elementos estrechamente asociados con los minerales para determinar depósitos metálicos.

En las actividades de geoquímica y geofísica se realizan 2 tipos de prospecciones, la que pretende inferir una geología regional y otra define la presencia de depósitos mineralizados en un área específica.

Estos valores se conocerán como anomalías, y la intención de estas técnicas es ubicar y determinar la mayor cantidad de anomalías que permitan determinar o inferir donde está ubicada el yacimiento o depósito de minerales.

- Los resultados geoquímicos reportados por el laboratorio son llevados a la base de datos por medio de diferentes formatos o plantillas (PDF, Excel, CSV, otras).
- Los datos son sometidos a un tratamiento estadístico elemental. La distribución de cada elemento se representa en mapas temáticos (análisis gráfico) confeccionados con diferente software (Mapinfo, ArcGIS, Surfer, Excel, otros) a partir de la agrupación de sus contenidos ya sea representando sus valores máximos, mínimos, clases, otros; se pueden representar en forma automática la variabilidad de los tenores de los elementos ya sea por contornos, sombreado variable, figuras de diferente tamaño, otros.

En esta actividad de prospección geoquímica, se la realiza mediante la recolección de muestras de sedimentos fluviales y concentrados para su análisis geoquímico, así como de minerales pesados con el uso de la batea.

Ilustración 8 Toma de sedimentos en aluviales



Fuente: Autor Gabriel Barrera

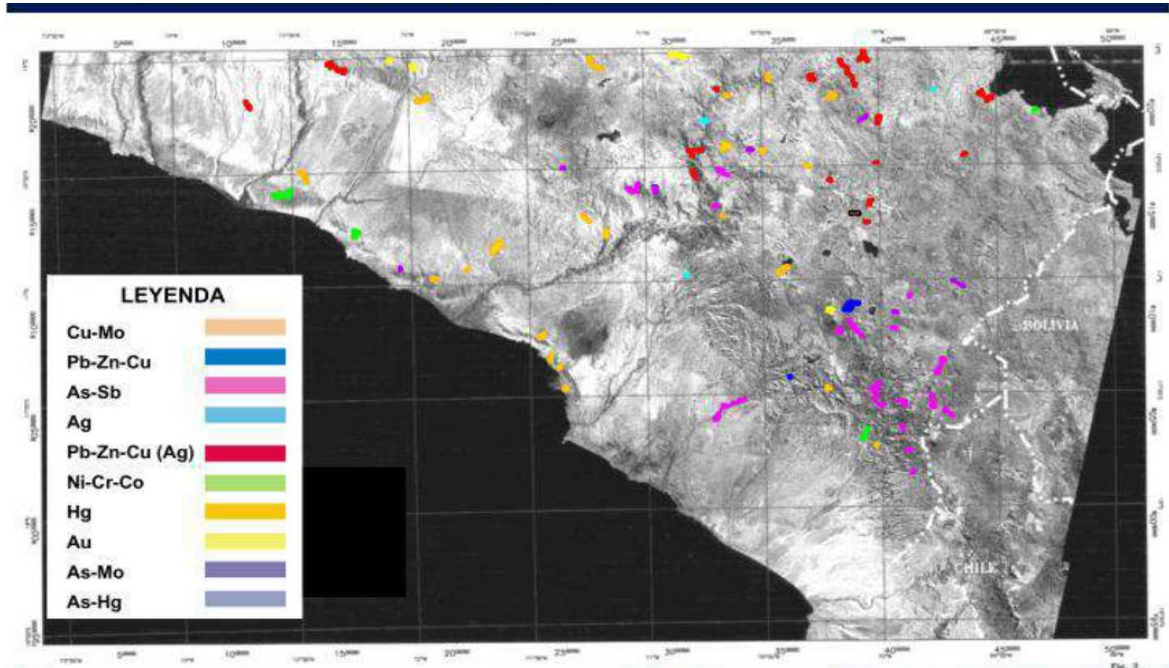
Ilustración 9 Corte de rocas



Fuente: UISEK – Especialización Seguridad Minera- Procesos en Minería

A continuación, podemos observar a modo de ejemplo un mapa de anomalías geoquímicas en un terreno específico:

Ilustración 11 Resultados anomalías geoquímicas – geofísicas regionales



Fuente: UISEK – Especialización Seguridad Minera- Procesos en Minería - Prospección de anomalías a nivel regional- Franja N°1

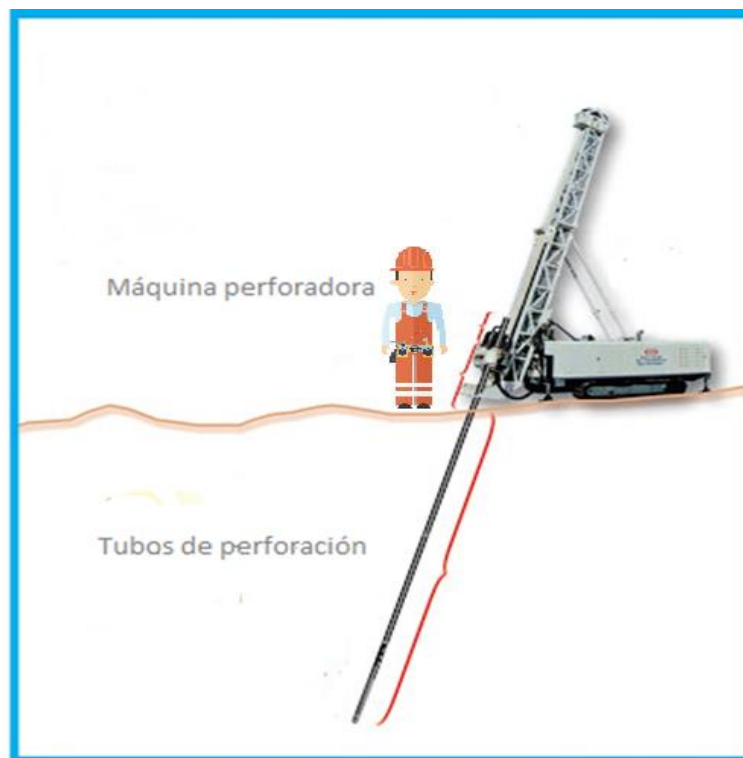
6.7.5. Sondajes exploratorios

Una campaña de exploración inicial puede o no tener sondeos de exploración, ya que se pueden llevar a cabo todas las fases anteriores descritas, por detalles o características especiales de un área o concesión minera, puede que no se lleven a cabo su totalidad, dependerá del análisis geológica y la planificación que tenga un proyecto específicamente.

Una de las formas más prácticas de conocer los detalles del terreno que presenta tales anomalías, es mediante la toma de muestras superficiales o en el sub suelo de la zona a estudiar, esto se lo realiza a través de los sondajes exploratorios dentro de la concesión minera otorgada por el estado, donde se podrá determinar con mayor certeza la existencia del yacimiento mineralizado en el subsuelo y la continuidad del proyecto minero.

Los sondajes exploratorios son uno de los procesos más efectivos que se utilizan en esta fase de exploración inicial y es importante mencionar que conlleva una inversión mucho mayor de la misma forma. En la mayoría de los casos o proyectos de exploración inicial los sondajes exploratorios localizan y definen el valor económico de un yacimiento mineralizado.

Ilustración 12 Scout Rolling Exploración Inicial



Fuente: Greenrock Resources S.A.

A continuación, un registro fotográfico de las actividades que intervienen en este proceso:

- Transporte de taladro y equipos de perforación: En esta actividad se realiza la movilización de los elementos, equipos y materiales necesarios para los sondajes de exploración, estos se lo realizan de manera manual, con mulas o con equipos mecánicos acorde al tipo de permiso ambiental que haya otorgado la autoridad máxima competente.

Ilustración 13 Transporte de equipos y herramientas sondajes exploración inicial



Foto # 1: Transporte de equipos y materiales con mulas a plataforma para sondaje en exploración inicial.



Foto # 2: Transporte de equipos y materiales con mulas a plataforma para sondaje en exploración inicial.



Foto # 3: Transporte de equipos mediante Iron Horse a plataforma para sondaje en exploración inicial.

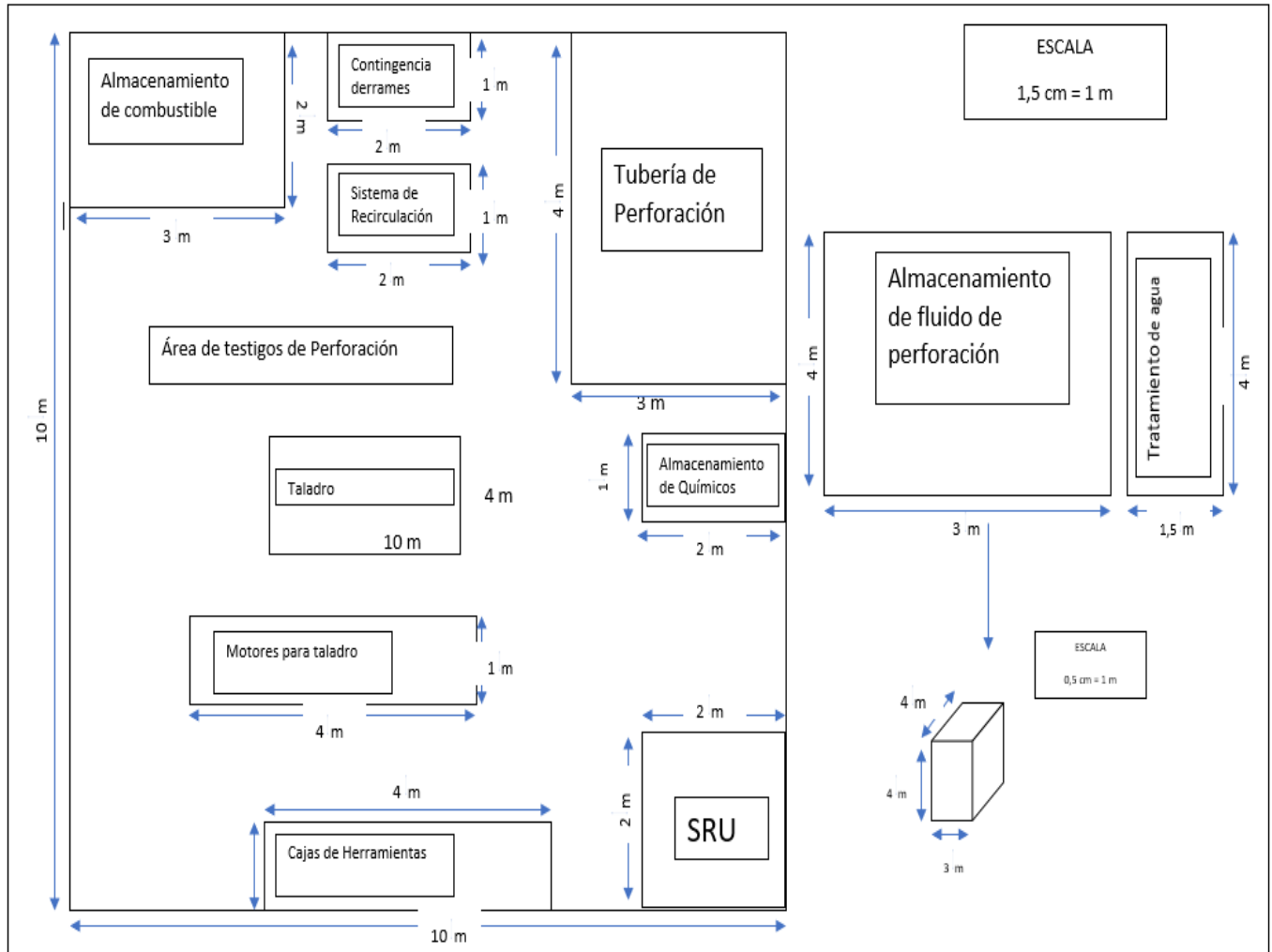


Foto # 4: Transporte de equipos mediante Iron Horse a plataforma para sondaje en exploración inicial.

Fuente: Autor Gabriel Barrera

- **Sondajes exploratorios.** - En esta actividad se realizan los sondajes exploratorios, en los targets identificados por el equipo de geología, se utiliza un área de intervención de aproximadamente de 10 x 10 mts² para esta fase de exploración inicial, donde se distribuyen las áreas internas de una plataforma de perforación.

Ilustración 14 Distribución plataforma de perforación exploración inicial



Fuente: Autor Gabriel Barrera - Greenrock

Ilustración 15 Plataforma exploración inicial

	
Foto # 1: Distribución y armado de plataforma de perforación exploración inicial 10 x 10 mts2.	Foto # 2: Distribución y armado de plataforma de perforación exploración inicial 10 x 10 mts2.
	
Foto # 3: Taladro de perforación exploración inicial.	Foto # 4: Taladro de perforación exploración inicial.

Fuente: Autor Gabriel Barrera - Greenrock

- **Corte de Rocas.** - Esta actividad consiste principalmente en realizar el corte de las muestras o testigos extraídas de los sondeos realizados en las plataformas de perforación en la fase de exploración inicial,

Posterior a eso se realiza el preparado de las muestras en fundas plásticas o de yute, para un posterior análisis de manera más detallada por los técnicos y determinar la calidad y cantidad del mineral mediante técnicas especializadas.

Ilustración 16 Corte de testigos



Fuente: Autor Gabriel Barrera - Greenrock Resources S.A.

6.7.6. Interpretación resultados

Esta fase final dentro de la exploración inicial, consiste principalmente en el procesamiento de todos los datos levantados provenientes de las actividades antes indicadas. Estos datos de estudio permitirán tener una interpretación de manera más fiable y real, a través de técnicas geológicas y modelos tridimensionales que permiten recopilar los valores de la cantidad, calidad y detalles del mineral y su distribución en un posible yacimiento

Una buena interpretación de los datos obtenidos de los diversos estudios geológicos es fundamental para conocer el tipo y la cantidad de mineral que hay en una mina o yacimiento.

Ilustración 17 Interpretación de resultados



Fuente: J. Castilla Gómez y J. Herrera Herbert 2012

7. RESULTADOS

Para la identificación del nivel de riesgo mecánico que existe en las actividades de exploración inicial se aplica la Metodología NTP 330, a continuación, se detallan los resultados por actividad:

7.1. Recopilación de información

En esta actividad no se evidencian factores de riesgo mecánico que pueda representar daños o lesiones consecuencia un accidente laboral o enfermedad profesional al personal expuesto.

Sin embargo, se identifican otros factores de riesgo que deben ser evaluados mediante otras metodologías y pueden ser objeto de futuras investigaciones, se señalan a continuación:

Tabla 14 Otros factores de riesgo Recopilación de información

Otros Factores de Riesgo Identificados		
Proceso	Factor de Riesgo	Método de evaluación
Recopilación de información geológica/proyecto minero	Riesgo Psicosocial	Evaluación mediante el cuestionario ISTAS 21
	Riesgo Ergonómico (Posturas forzadas estáticas)	Método de evaluación para carga postural REBA - OWAS

Fuente: Autor Gabriel Barrera.

7.2. Teledetección

A continuación, los resultados de la evaluación de riesgos mecánicos en el proceso de teledetección:

Tabla 15 Evaluación de riesgo mecánico NTP 330 Teledetección

Proceso	Subproceso	Riesgo	Factor de Riesgo	ND	NE	NP	NC	NR	Nivel Intervención
Teledetección	Magnetometría regional	Accidente Aéreo	Mecánicos	2	3	6	100	600	I
		Caída al mismo nivel	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Golpes, cortes y laceraciones (Mantenimiento aeronave)	Mecánicos	2	3	6	10	60	III

Fuente: Autor Gabriel Barrera.

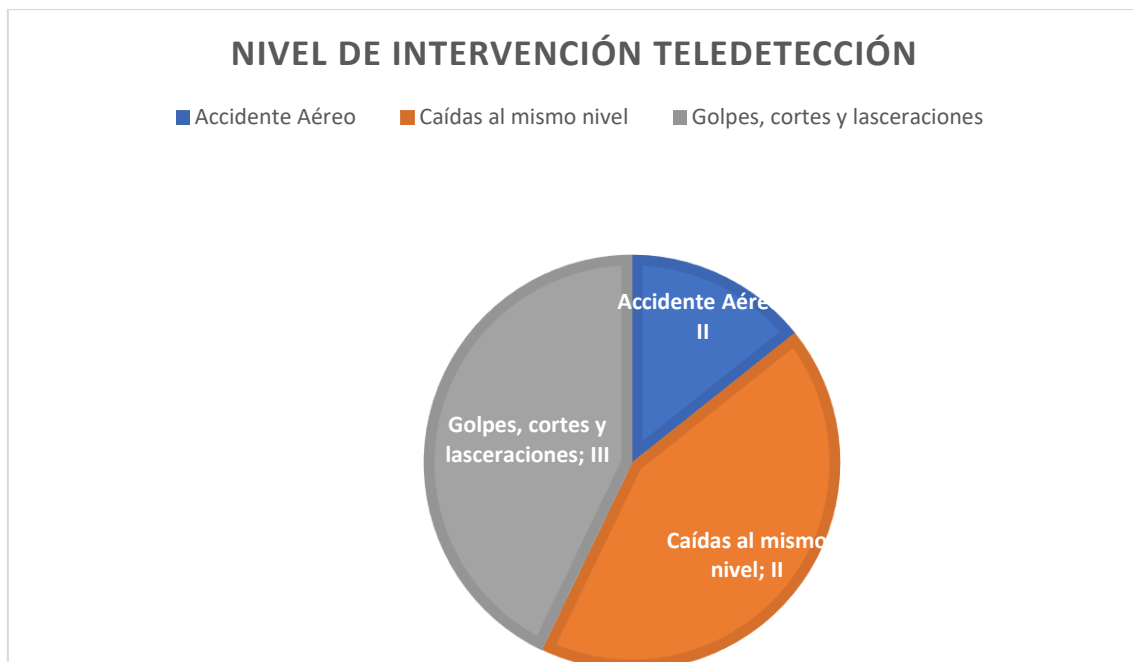
Como resultado de la evaluación bajo la metodología NTTP 330 “Método simplificado para la evaluación de riesgo de accidente” podemos determinar que existe un factor de riesgo principal con **nivel de intervención de II**:

- Accidente aéreo.

También se identificaron factores de riesgo con un **nivel de intervención III**

- Caídas al mismo nivel
- Golpes, cortes y laceraciones durante mantenimientos aeronave.

Ilustración 18 Nivel de intervención riesgo mecánico teledetección



Fuente: Autor Gabriel Barrera.

Medidas de Prevención y Control de Riesgos - Teledetección:

A continuación, se presenta las medidas de control propuestas para minimizar los riesgos y prevenir accidentes laborales en este proceso operativo, acorde a los niveles de jerarquización de la norma ISO 45001:

➤ **Eliminación de riesgos**

N/A

➤ **Sustitución de riesgos**

N/A

➤ **Controles de ingeniería. (RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)**

- ✓ Verificar permanentemente que las condiciones climatológicas sean seguras
- ✓ Verificar el tránsito de más aeronaves en el espacio aéreo donde se realizará el vuelo.

➤ **Controles Administrativos. (RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)**

- ✓ Realizar la lista de chequeo de pre inspección operacional de la aeronave a utilizar.
- ✓ Capacitar al personal por puesto de trabajo al personal que desarrolla la actividad.
- ✓ Realizar el análisis de riesgos de la tarea o A.T.R.
- ✓ Verificar y analizar la hoja de ruta de la aeronave.
- ✓ Realizar mantenimientos preventivos y correctivos periódicos a la aeronave.

➤ **Equipos de protección personal. (D.E. 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del medio ambiente de trabajo)**

- ✓ Usar los equipos de protección personal antes, durante y después del vuelo de la aeronave.

Así mismo se identificó otro factor de riesgo que debe ser evaluado mediante otras metodologías y pueden ser objeto de otra investigación, se señala a continuación:

Tabla 16 Otros factores de riesgo identificados Teledetección

Otros Factores de Riesgo Identificados		
Proceso	Factor de riesgo	Método de Evaluación
Teledetección	Riesgo Químico (Incendios)	Método de evaluación de riesgo de incendio MESERI

7.3. Geología

A continuación, los resultados de la evaluación de riesgos mecánicos en el proceso de geología:

Tabla 17 Evaluación de riesgo mecánico NTTP 330 Geología

Proceso	Subproceso	Riesgo	Factor de Riesgo	ND	NE	NP	NC	NR	Nivel Intervención
Geología	Movilización Pedestre por concesión minera	Caídas al mismo nivel	Mecánicos	2	3	8	10	80	III
		Caídas a distinto nivel	Mecánicos	2	3	8	25	200	II
		Torceduras, esguinces, desgarres	Mecánicos	2	2	4	25	100	III
		Golpes, cortes y laceraciones	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Tropiezos y resbalones en movilización pedestre	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
	Recolección de muestras de rocas (Rock chips)	Proyección de partículas sólidas	Mecánicos	2	2	4	25	100	III
		Caída al mismo nivel	Mecánicos	2	3	8	10	80	III
		Caídas a distinto nivel	Mecánicos	2	3	8	25	200	II
		Golpes, cortes y laceraciones	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Desplome de objetos	Mecánicos	2	3	6	25	150	II

Fuente: Autor Gabriel Barrera.

Como resultado de la evaluación bajo la metodología NTTP 330 “Método simplificado para la evaluación de riesgo de accidente” se pudo identificar las actividades con un mayor potencial dañino su nivel de intervención para el factor de riesgo mecánico en los siguientes gráficos:

En el sub proceso de **movilización pedestre** por la concesión minera se identificó un factor de riesgo con un nivel de intervención de II :

- Caídas a distinto nivel.

Del mismo modo se identificaron 4 factores de riesgo con un nivel de intervención de III:

- Caídas al mismo nivel.
- Tropiezos y resbalones en movilización pedestre.
- Golpes, cortes y laceraciones.
- Torceduras, esguinces y desgarres

Ilustración 19 Nivel de intervención riesgo mecánico movilización pedestre



Fuente: Autor Gabriel Barrera.

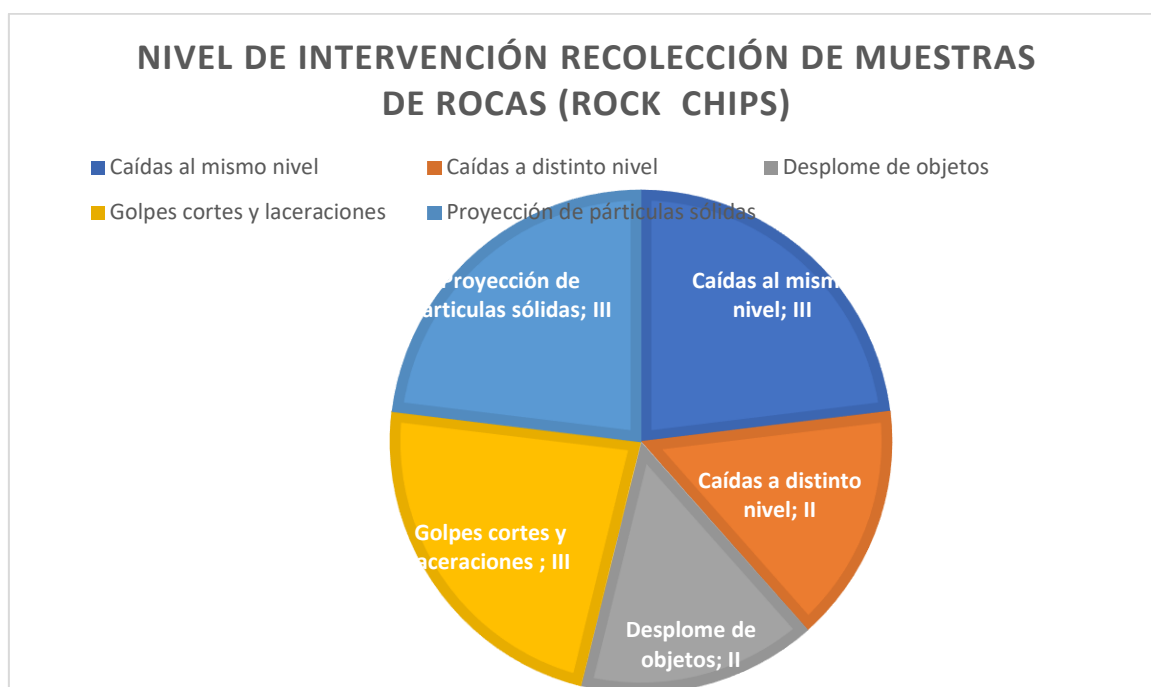
En el sub proceso **de recolección de muestras de rocas (Rock chips)**, se evidenciaron 2 factores de riesgo con un nivel de intervención de II:

- Desplome de objetos.
- Caídas a distinto nivel.

Así mismo se lograron identificar 3 actividades con un nivel de intervención de III:

- Proyección de partículas sólidas.
- Caídas al mismo nivel.
- Golpes, cortes y laceraciones.

Ilustración 20 Nivel de intervención riesgo mecánico Recolección de muestras de rocas (rock chips)



Fuente: Autor Gabriel Barrera.

A continuación, se determinaron medidas de prevención y control para el proceso de Geología:

Medidas de prevención y control de riesgos Geología:

A continuación, se presenta las medidas de control propuestas para minimizar los riesgos y prevenir accidentes laborales en este proceso operativo, acorde a los niveles de jerarquización de la norma ISO 45001:

➤ Eliminación de riesgos

N/A

➤ Sustitución de riesgos

N/A

➤ Controles de ingeniería

- ✓ Realizar la movilización pedestre solo por trochas autorizadas. (ISO 45001 Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo).

- ✓ Realizar la movilización pedestre en grupos de al menos dos personas dentro de la concesión minera. (**ISO 45001** Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo).
- ✓ Disponer de equipos de comunicación en caso de emergencia (equipos in reach, radios de comunicación). (**RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero**)

➤ **Controles Administrativos (RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)**

- ✓ Capacitar al personal por puesto de trabajo al personal que desarrolla la actividad.
- ✓ Capacitar al personal en técnicas de primeros auxilios
- ✓ Capacitar al personal en técnicas de rescate y evacuación en terrenos agrestes.
- ✓ Realizar el análisis de riesgos de la tarea o A.T.R.
- ✓ Conocer el MEDEVAC de la concesión minera
- ✓ Realizar inspecciones periódicas de equipos y herramientas manuales.

➤ **Equipos de protección personal. (D.E. 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del medio ambiente de trabajo)**

- ✓ Usar los equipos de protección personal antes, durante y después del vuelo de la aeronave.

También se identificaron otros factores de riesgo que deben ser evaluados mediante otras metodologías y pueden ser objeto de otras investigaciones a futuro, se señalan a continuación:

Tabla 18 Otros factores de riesgo Geología

Otros Factores de Riesgo Identificados		
Proceso	Factor de Riesgo	Método de evaluación
Geología: Movilización pedestre por concesión minera	Ergonómico (Sobreesfuerzo físico)	Método de evaluación para carga postural REBA - OWAS
Geología: Toma de muestras en afloramientos superficiales Rock Chips	Ergonómico (Levantamiento manual de cargas)	Método Niosh para manejo de cargas
	Ergonómico (Movimientos repetitivos)	Método de evaluación rápida para movimientos repetitivos OCRA checklist.

Fuente: Autor Gabriel Barrera.

7.4. Geoquímica y geofísica

A continuación, los resultados de la evaluación de riesgos mecánicos en el proceso de geoquímica y geofísica:

Tabla 19 Evaluación de riesgo mecánico NTTP 330 Geoquímica y geofísica

Proceso	Subproceso	Riesgo	Factor de Riesgo	ND	NE	NP	NC	NR	Nivel Intervención
Geoquímica y Geofísica	Movilización Pedestre por concesión minera	Caídas al mismo nivel	Mecánicos	2	3	8	10	80	III
		Caídas a distinto nivel	Mecánicos	2	3	8	25	200	II
		Torceduras, esguinces, desgarres	Mecánicos	2	2	4	25	100	III
		Golpes, cortes y laceraciones	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Tropezos y resbalones en movilización pedestre	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
	Muestreo de sedimentos fluviales en cuerpos de agua	Caídas al mismo nivel	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Golpes, cortes y laceraciones	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
	Magnetometría específica dentro de concesión minera	Accidente aéreo	Mecánicos	2	3	6	100	600	I
		Golpes, cortes y laceraciones (Mantenimiento aeronave)	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Caídas al mismo nivel	Mecánicos	2	3	4	10	40	III

Fuente: Autor Gabriel Barrera.

Como resultado de la evaluación bajo la metodología NTTP 330 “Método simplificado para la evaluación de riesgo de accidente” se pudo identificar las actividades u subprocesos que requieren un mayor nivel de intervención para el factor de riesgo mecánico.

En el sub proceso de **movilización pedestre por la concesión minera** se identificó un factor de riesgo con un nivel de intervención de II :

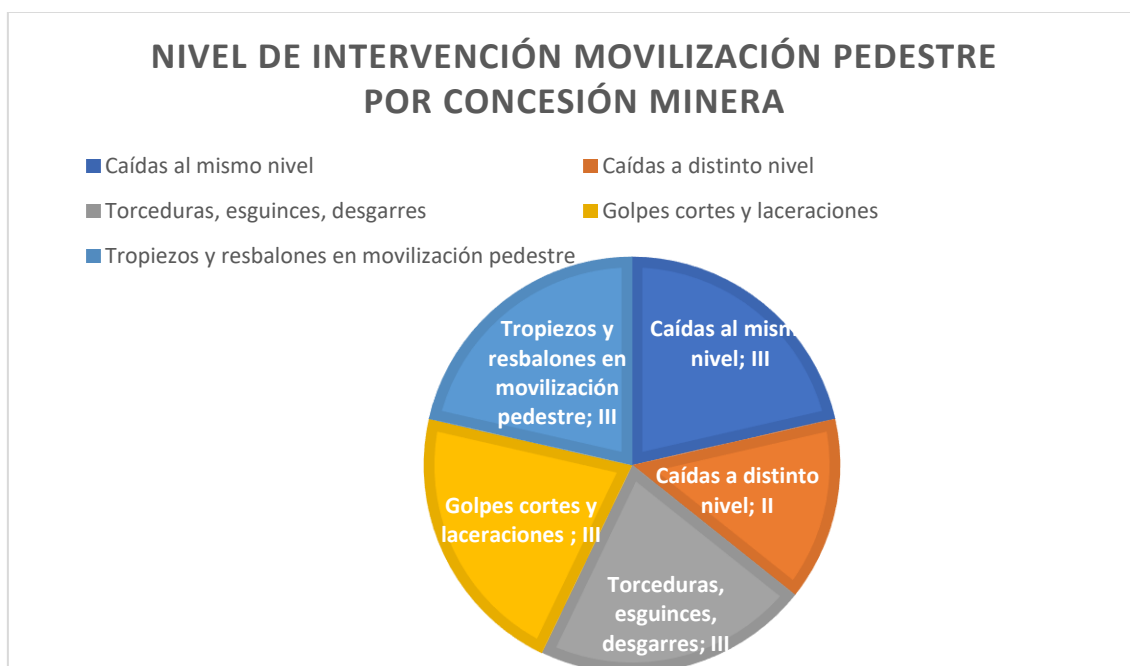
- Caídas a distinto nivel.

Del mismo modo se identificaron 4 factores de riesgo con un nivel de intervención de III:

- Caídas al mismo nivel.

- Tropezos y resbalones en movilización pedestre.
- Golpes, cortes y laceraciones.
- Torceduras, esguinces y desgarres

Tabla 20 Nivel de intervención Movilización pedestre por concesión minera

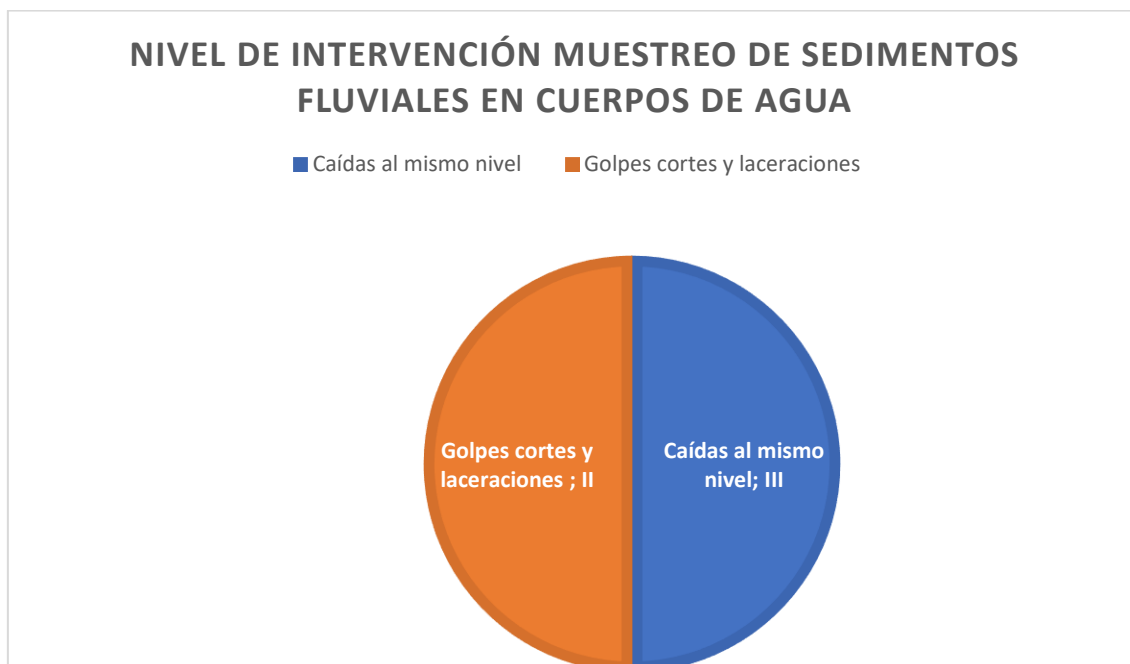


Fuente: Autor Gabriel Barrera.

En el sub proceso de **muestreo de sedimentos fluviales en cuerpos de agua** se identificaron 2 factores de riesgo con un nivel de intervención de III:

- Caídas al mismo nivel.
- Golpes, cortes y laceraciones.

Ilustración 21 Muestreo de sedimentos fluviales en cuerpos de agua



Fuente: Autor Gabriel Barrera.

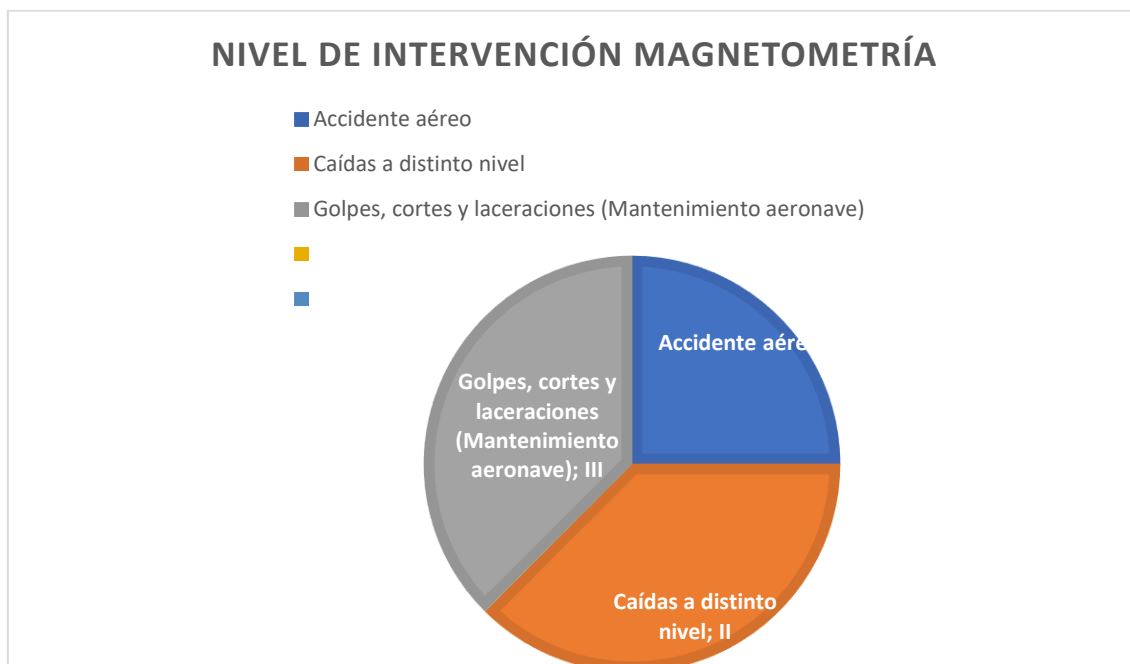
En el sub proceso de **Magnetometría específica dentro de la concesión minera**, se identificó un factor de riesgo con un nivel de intervención de II :

- Accidente aéreo.

Adicional se identificaron 4 factores de riesgo con un nivel de intervención de III:

- Caídas al mismo nivel.
- Golpes, cortes y laceraciones (Mantenimiento aeronave)

Ilustración 22 Nivel de intervención Magnetometría



Fuente: Autor Gabriel Barrera.

Medidas de prevención y control de riesgos geoquímica y geofísica:

A continuación, se presenta las medidas de control propuestas para minimizar los riesgos y prevenir accidentes laborales en este proceso operativo, acorde a los niveles de jerarquización de la norma ISO 45001:

➤ Eliminación de riesgos

N/A

➤ Sustitución de riesgos

N/A

➤ Controles de ingeniería

- ✓ Realizar la movilización pedestre solo por trochas autorizadas. (ISO 45001 Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo).
- ✓ Realizar la movilización pedestre en grupos de al menos dos personas dentro de la concesión minera. (ISO 45001 Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo).

- ✓ Disponer de equipos de comunicación en caso de emergencia (equipos in reach, radios de comunicación). **RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero**
- **Controles Administrativos (RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)**
 - ✓ Capacitar al personal por puesto de trabajo al personal que desarrolla la actividad.
 - ✓ Capacitar al personal en técnicas de primeros auxilios
 - ✓ Capacitar al personal en técnicas de rescate y evacuación en terrenos agrestes.
 - ✓ Realizar el análisis de riesgos de la tarea o A.T.R.
 - ✓ Conocer el MEDEVAC de la concesión minera.
 - ✓ Conocer el plan de emergencias y contingencias de la concesión minera.
 - ✓ Realizar inspecciones periódicas de equipos y herramientas manuales.
- **Equipos de protección personal (D.E. 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del medio ambiente de trabajo)**
- ✓ Usar adecuadamente los equipos de protección personal casco de seguridad, botas de seguridad, guantes de protección, gafas de protección.

Para la Magnetometría

- **Controles de ingeniería (RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)**
 - ✓ Verificar permanentemente que las condiciones climatológicas sean seguras
 - ✓ Verificar el tránsito de más aeronaves en el espacio aéreo donde se realizará el vuelo.
- **Controles Administrativos (RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)**
 - ✓ Realizar la lista de chequeo de pre inspección operacional de la aeronave a utilizar.
 - ✓ Capacitar al personal por puesto de trabajo al personal que desarrolla la actividad.
 - ✓ Realizar el análisis de riesgos de la tarea o A.T.R.
 - ✓ Verificar y analizar la hoja de ruta de la aeronave.
 - ✓ Realizar mantenimientos preventivos y correctivos periódicos a la aeronave.

- **Equipos de protección personal**
- Usar los equipos de protección personal antes, durante y después del vuelo de la aeronave. (D.E. 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del medio ambiente de trabajo)

También se identificaron otros factores de riesgo que deben ser evaluados mediante otras metodologías y pueden ser objeto de otras investigaciones a futuro, se señalan a continuación:

Tabla 21 Otros factores de riesgo Geoquímica y geofísica

Otros Factores de Riesgo Identificados		
Proceso	Factor de Riesgo	Método de evaluación
Geoquímica y geofísica: Movilización pedestre por concesión minera	Ergonómico (Sobreesfuerzo físico)	Método de evaluación para carga postural REBA - OWAS
Geoquímica y geofísica: Muestreo de sedimentos fluviales en cuerpos de agua	Ergonómico (Levantamiento manual de cargas)	Método Niosh para manejo de cargas
Geoquímica y geofísica: Muestreo de sedimentos fluviales en cuerpos de agua	Ergonómico (Movimientos repetitivos)	Método de evaluación rápida para movimientos repetitivos OCRA checklist.
Geoquímica y geofísica: Muestreo de sedimentos fluviales en cuerpos de agua	Ergonómico (Posturas forzadas)	Método de evaluación para carga postural REBA - OWAS
Geoquímica y geofísica: Magnetometría	Químico (Incendio)	Método de evaluación de riesgo de incendio MESERI

Fuente: Autor Gabriel Barrera.

7.5. Sondeos exploratorios

A continuación, los resultados de la evaluación de riesgos mecánicos en el proceso de teledetección:

Tabla 22 Evaluación de riesgo mecánico NTTP 330 Sondeos de Exploración

Proceso	Subproceso	Riesgo	Factor de Riesgo	ND	NE	NP	NC	NR	Nivel Intervención
	Apertura de trochas y plataforma con herramientas manuales	Golpes, cortes y laceraciones	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Caídas al mismo nivel	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Caídas a distinto nivel	Mecánicos	2	3	6	25	150	II
		Desplome de objetos	Mecánicos	2	2	4	25	100	III

Sondajes Exploratorios		Proyección de partículas sólidas	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
	Construcción de plataforma de perforación	Golpes, cortes y laceraciones	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Caída al mismo nivel	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Proyección de Partículas sólidas	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Aplastamiento de extremidades	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Desplome de objetos en manipulación	Mecánicos	2	3	6	25	150	II
	Transporte de equipos y taladro de perforación	Golpes, cortes y laceraciones	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Caída al mismo nivel	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Proyección de Partículas sólidas	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Aplastamiento de extremidades	Mecánicos	2	3	6	25	150	II
	Perforación	Golpes, cortes y laceraciones	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Contactos eléctricos	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Caída al mismo nivel	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Atrapamiento de extremidades	Mecánicos	2	3	6	25	150	II
		Proyección de Partículas sólidas	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Desplome de objetos en manipulación	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
	Extracción de testigos	Golpes, cortes y laceraciones	Mecánicos	2	3	6	10	60	III

		Caídas al mismo nivel	Mecánicos	2	3	6	10	60'	III
		Atrapamiento de extremidades	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Desplome de objetos en manipulación	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Proyección de Partículas sólidas	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
	Corte de rocas de testigos de perforación	Golpes, cortes y laceraciones	Mecánicos	2	3	6	25	150	II
		Contactos eléctricos	Mecánicos	2	3	6	10	60	III
		Proyección de partículas sólidas	Mecánicos	2	3	6	25	150	II
		Desplome de objetos en manipulación	Mecánicos	2	3	6	10	60	III

Fuente: Autor Gabriel Barrera.

Como resultado de la evaluación bajo la metodología NTTP 330 “Método simplificado para la evaluación de riesgo de accidente” se pudo identificar las actividades u subprocesos que requieren un mayor nivel de intervención para el factor de riesgo mecánico.

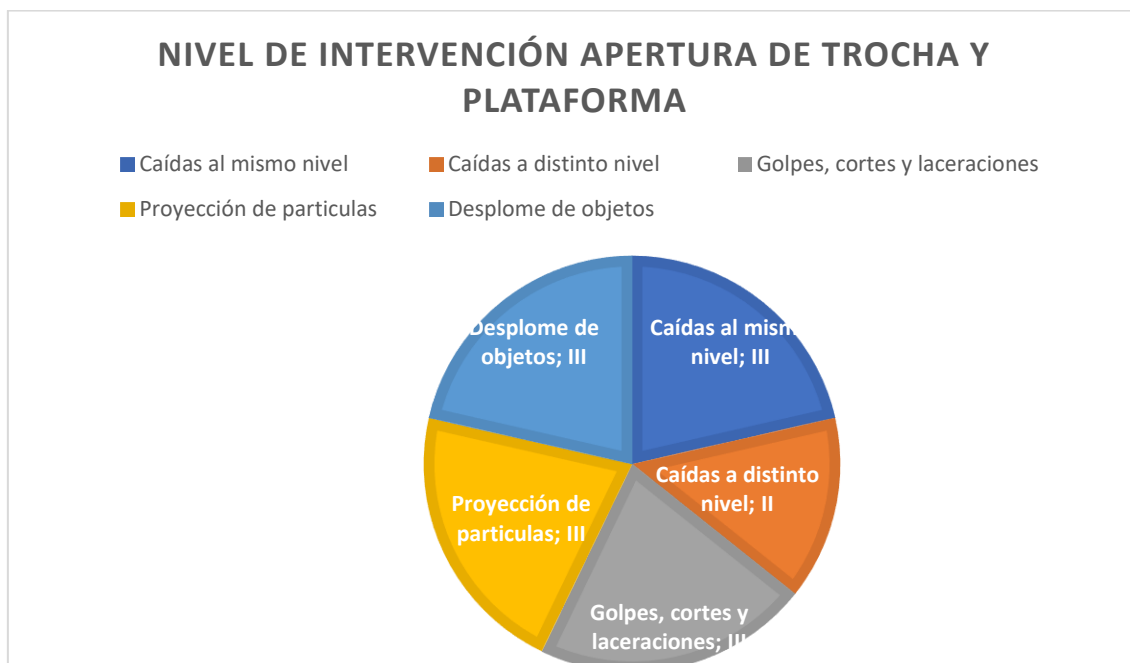
En el sub proceso de **apertura de trocha y plataforma** se identificó un factor de riesgo con un nivel de intervención de II :

- Caídas a distinto nivel.

Del mismo modo se identificaron 4 factores de riesgo con un nivel de intervención de III:

- Caídas al mismo nivel.
- Golpes, cortes y laceraciones.
- Desplome de objetos
- Proyección de Partículas

Ilustración 23 Nivel de intervención Apertura de trocha y plataforma



Fuente: Autor Gabriel Barrera.

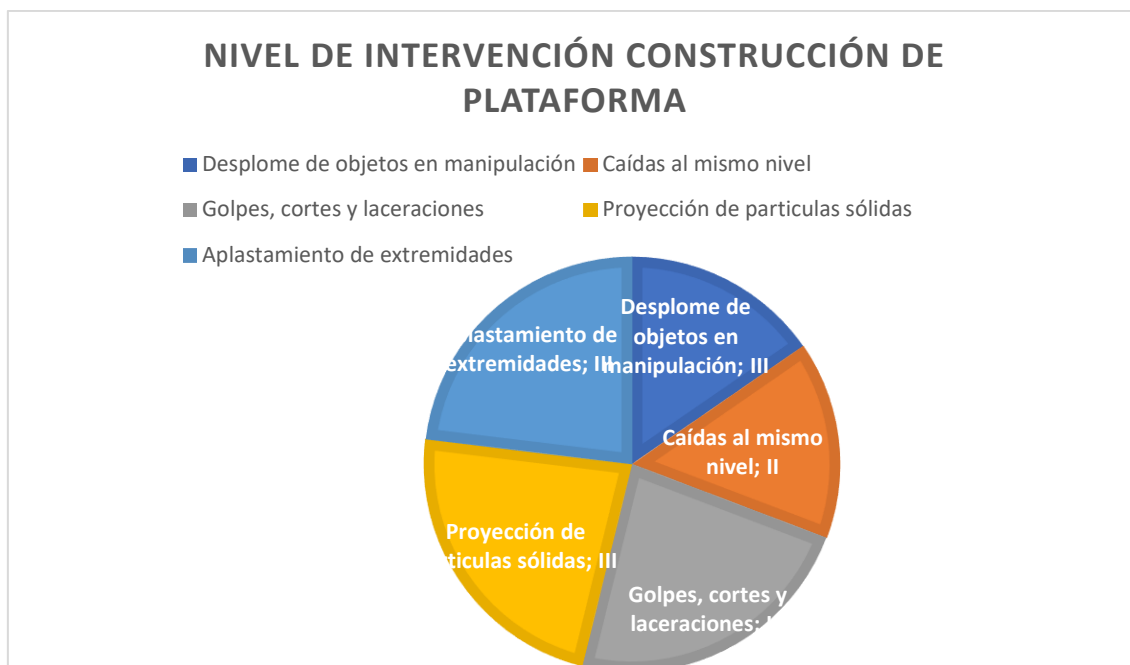
En el sub proceso de **Construcción de plataforma**, se identificó un factor de riesgo con un nivel de intervención de II :

- Desplome de objetos en manipulación

Así mismo se identificaron 4 factores de riesgo con un nivel de intervención de III:

- Golpes, cortes y laceraciones.
- Caídas al mismo nivel.
- Proyección de partículas sólidas.
- Aplastamiento de extremidades.

Ilustración 24 Nivel de intervención Construcción de Plataforma



Fuente: Autor Gabriel Barrera.

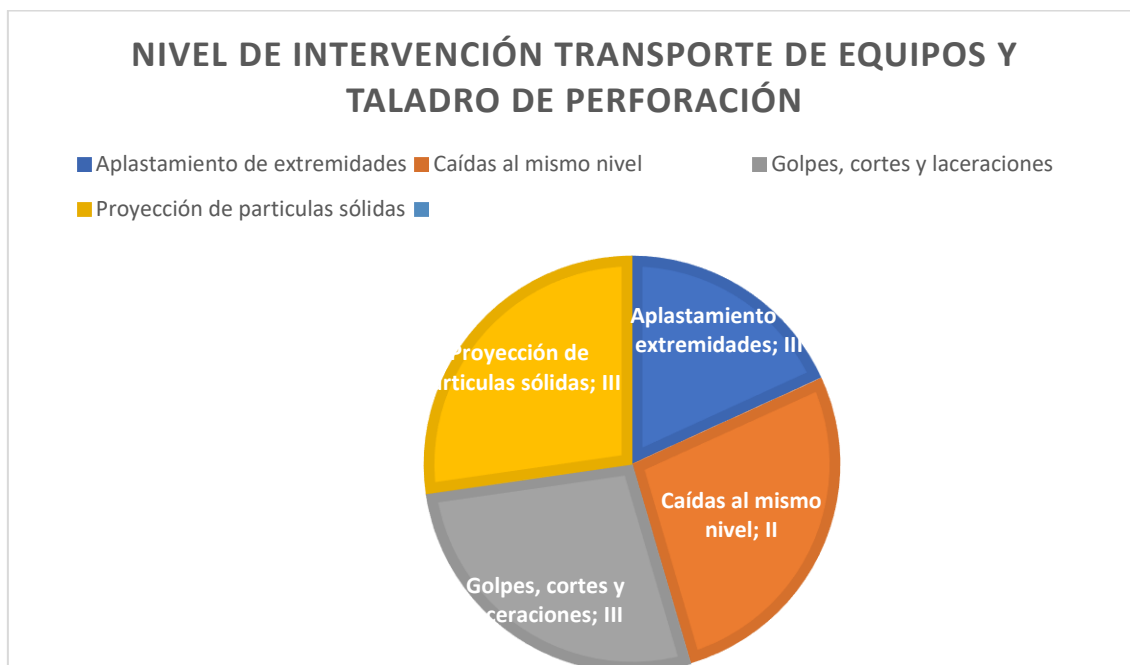
En el sub proceso de **Transporte de equipos y taladro de perforación**, se identificó un factor de riesgo con un nivel de intervención de II :

- Aplastamiento de extremidades

También se identificaron y evaluaron 3 factores de riesgo con un nivel de intervención de III:

- Golpes, cortes y laceraciones.
- Caídas al mismo nivel.
- Proyección de partículas sólidas.

Ilustración 25 Nivel de intervención Transporte de equipos y taladro de perforación



Fuente: Autor Gabriel Barrera.

En el sub proceso de **Sondajes exploratorios**, se identificó un factor de riesgo con un nivel de intervención de II :

- Atrapamiento de extremidades

Así mismo se identificaron y evaluaron 3 factores de riesgo con un nivel de intervención de III:

- Golpes, cortes y laceraciones.
- Contacto eléctrico
- Caídas al mismo nivel
- Proyección de partículas sólidas

Ilustración 26 Nivel de intervención Sondajes de exploración

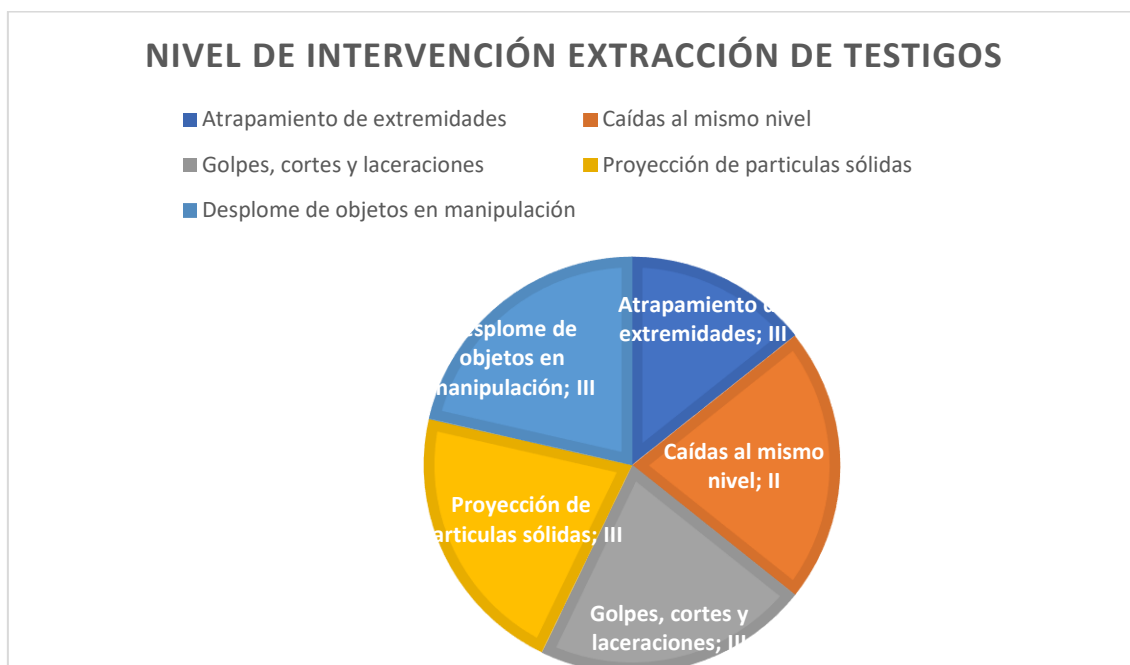


Fuente: Autor Gabriel Barrera.

En el sub proceso de **Extracción de testigos**, se identificaron 5 factores de riesgo con un nivel de intervención de III :

- Golpes, cortes y laceraciones.
- Caídas al mismo nivel
- Proyección de partículas sólidas
- Atrapamientos de extremidades
- Desplome de objetos en manipulación

Ilustración 27 Nivel de intervención Extracción de testigos



Fuente: Autor Gabriel Barrera.

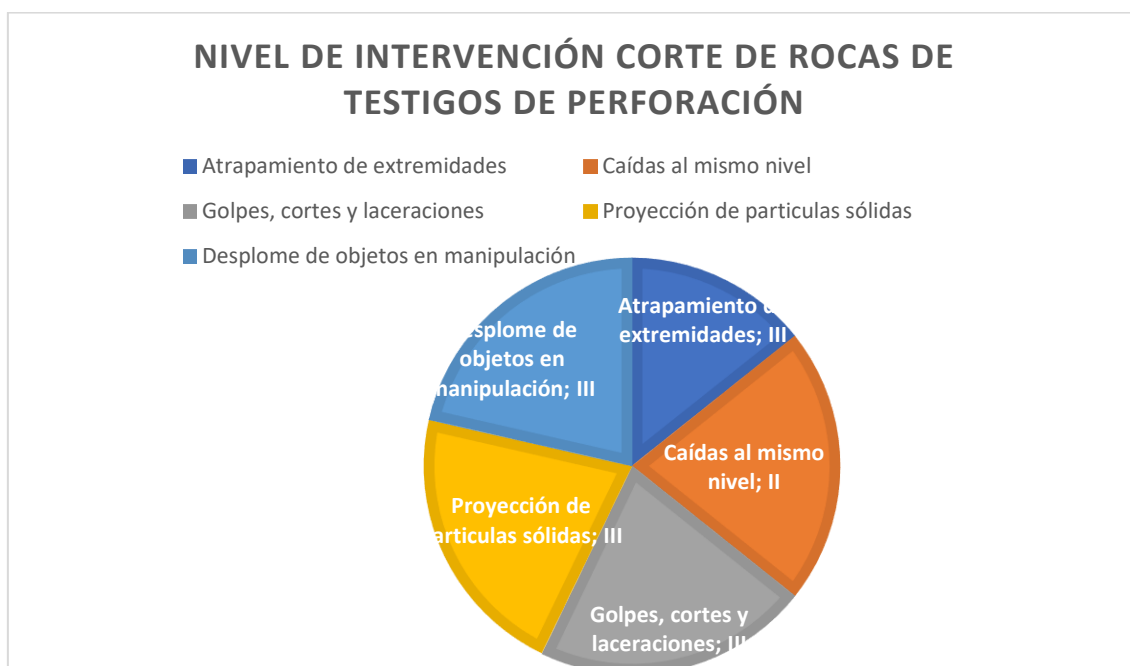
En el sub proceso de **Corte de rocas de testigos de perforación**, se identificaron dos factores de riesgo con un nivel de intervención de II :

- Cortes, golpes y laceraciones.
- Proyección de partículas sólidas

Así mismo se identificaron 4 factores de riesgo con un nivel de intervención de III:

- Desplome de objetos en manipulación
- Contactos eléctricos.

Ilustración 28 Nivel de intervención Corte de rocas de testigos de perforación



Fuente: Autor Gabriel Barrera.

Medidas de prevención y control de riesgos sondajes exploratorios

A continuación, se presenta las medidas de control propuestas para minimizar los riesgos y prevenir accidentes laborales en este proceso operativo, acorde a los niveles de jerarquización de la norma ISO 45001:

➤ Eliminación de riesgos

N/A

➤ Sustitución de riesgos

N/A

➤ Controles de ingeniería

- ✓ Mecanizar el levantamiento de cargas que superen el límite permisible para manipulación de cargas superiores a 23 Kg. (**C.D 513** Reglamento del seguro general de riesgos del trabajo).
- ✓ Disponer de equipos de comunicación en caso de emergencia (equipos in reach, radios de comunicación) en las plataformas de perforación. **RESOLUCIÓN Nro.**

ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)

- ✓ Colocar de barandas de protección colectiva en espacios con riesgos de caída a distinto nivel en plataforma de perforación. **RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)**
- ✓ Disponer de botiquín de primeros auxilios completo y camilla de evacuación en plataformas de perforación. **RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)**
- ✓ Señalizar adecuadamente las áreas internas de plataforma con señalética de prevención de riesgos. (Mapa de riesgos Anexo 2) (Mapa de recursos Anexo 3) (Mapa de evacuación Anexo 4). **RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)**
- ✓ Disponer de al menos 3 paradas de emergencia en taladro de perforación. **RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)**
- ✓ Colocar parada de emergencia en máquina cortadora de testigos de perforación **RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)**

➤ Controles Administrativos

Establecer un plan de capacitación mínimo para el personal que constara de los siguientes temas: **(RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero)**

- ✓ Capacitar al personal sobre los riesgos expuestos en sondajes exploratorios.
- ✓ Atrapamientos de extremidades
- ✓ Golpes, cortes y laceraciones.
- ✓ Caídas al mismo nivel
- ✓ Desplome de objetos en manipulación
- ✓ Capacitar al personal en primeros auxilios.
- ✓ Capacitar al personal en rescate y evacuación en terrenos agrestes.
- ✓ Capacitar al personal sobre el MEDEVAC de la concesión minera.
- ✓ Capacitar al personal sobre el Plan de emergencias y contingencias de la concesión minera.
- ✓ Realizar el análisis de riesgos de la tarea o A.T.R.
- ✓ Realizar inspecciones periódicas de equipos y herramientas manuales

- ✓ Realizar inspección de liberación de seguridad industrial del taladro de perforación.

➤ **Equipos de protección personal. (D.E. 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del medio ambiente de trabajo)**

- ✓ Usar adecuadamente los equipos de protección personal casco de seguridad, botas de seguridad, guantes de protección, gafas de protección, equipos de protección respiratoria, equipos de protección auditiva.

Adicional se identificaron otros factores de riesgo que deben ser evaluados mediante otras metodologías y pueden ser objeto de otras investigaciones a futuro, se señalan a continuación:

Tabla 23 Otros factores de riesgo Sondajes exploratorios

Otros Factores de Riesgo Identificados		
Proceso	Factor de Riesgo	Método de evaluación
Sondajes exploratorios: Apertura de trocha y plataforma con herramientas manuales	Ergonómico (Sobreesfuerzo físico)	Método de evaluación para carga postural REBA - OWAS
	Ergonómico (Levantamiento manual de cargas)	Método Niosh para manejo de cargas
Sondajes exploratorios: Construcción de plataforma de perforación	Ergonómico (Sobreesfuerzo físico)	Método de evaluación para carga postural REBA - OWAS
	Ergonómico (Levantamiento manual de cargas)	Método Niosh para manejo de cargas
Sondajes exploratorios: Perforación	Físicos (Contactos eléctricos)	
	Ergonómico (Sobreesfuerzo físico)	Método de evaluación para carga postural REBA - OWAS
	Ergonómico (Levantamiento manual de cargas)	Método Niosh para manejo de cargas
	Ergonómico (Movimientos repetitivos)	Método de evaluación rápida para movimientos repetitivos OCRA checklist.
Sondajes exploratorios: Extracción de testigos	Ergonómico (Levantamiento manual de cargas)	Método Niosh para manejo de cargas
Sondajes exploratorios: Corte de rocas o de testigos de perforación	Ergonómico (Posturas Forzadas)	Método de evaluación para carga postural REBA - OWAS
	Ergonómico (Movimientos repetitivos)	Método de evaluación rápida para movimientos repetitivos OCRA checklist.
	Químicos (Exposición a polvos)	NTP 750: Evaluación del riesgo por exposición inhalatoria de agentes químicos. Metodología simplificada

Fuente: Autor Gabriel Barrera.

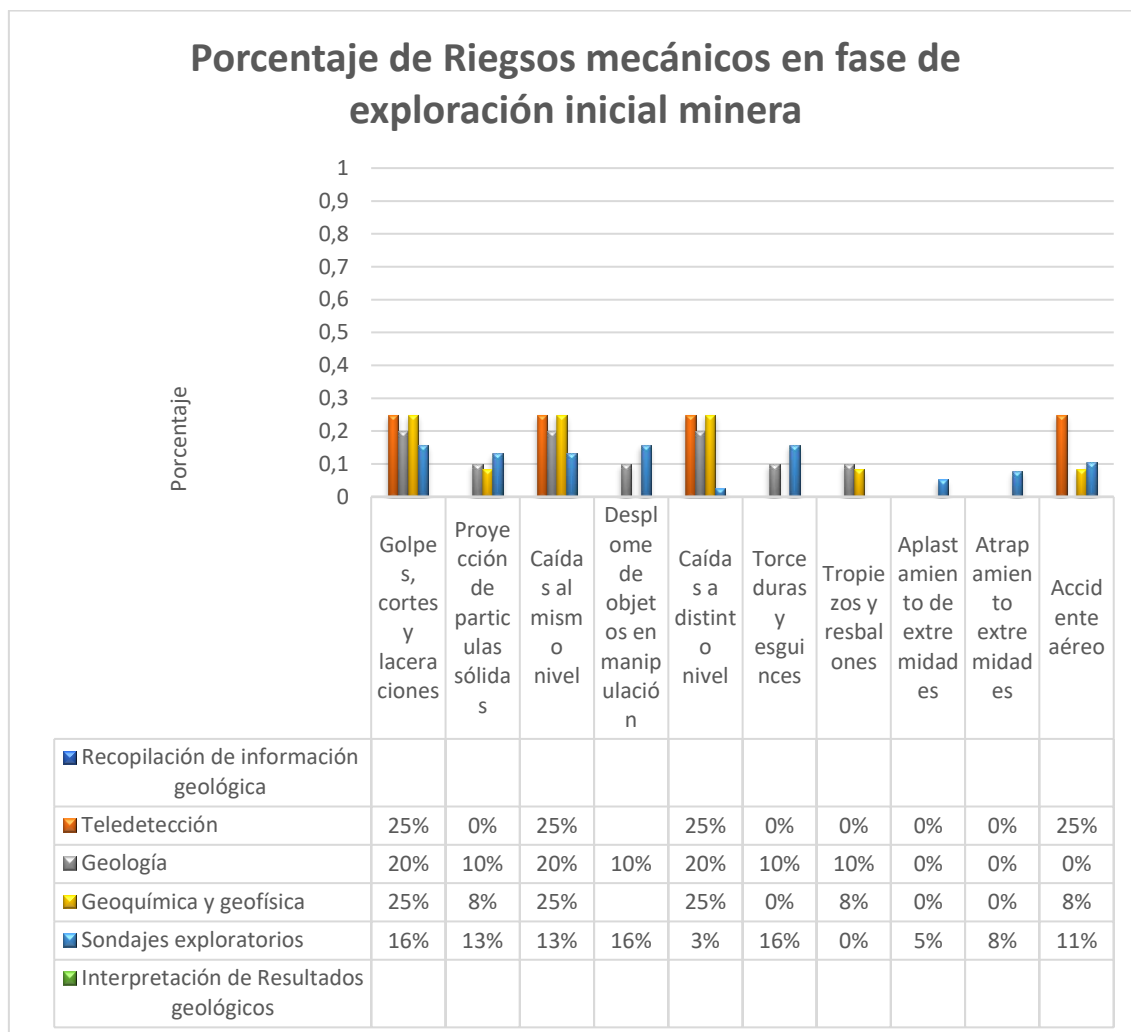
8. CONCLUSIONES

1. Como una de las conclusiones podemos determinar que, dentro de todas los procesos, subprocesos y actividades desarrolladas dentro de la fase de exploración inicial, los factores de riesgo mecánico que más prevalecen en las actividades son:

- Golpes, cortes y laceraciones.
- Proyección de partículas sólidas.
- Caídas al mismo y distinto nivel.
- Desplome de objetos en manipulación.
- Tropiezos y resbalones.
- Atrapamiento de extremidades.
- Aplastamiento de extremidades
- Torceduras esguinces
- Accidente aéreo

A continuación, podemos observar en el siguiente gráfico el porcentaje que representa cada factor de riesgo mecánico presente en cada uno de los procesos operativos de una fase de exploración inicial en una empresa minera de mediana a gran escala de minerales metálicos.

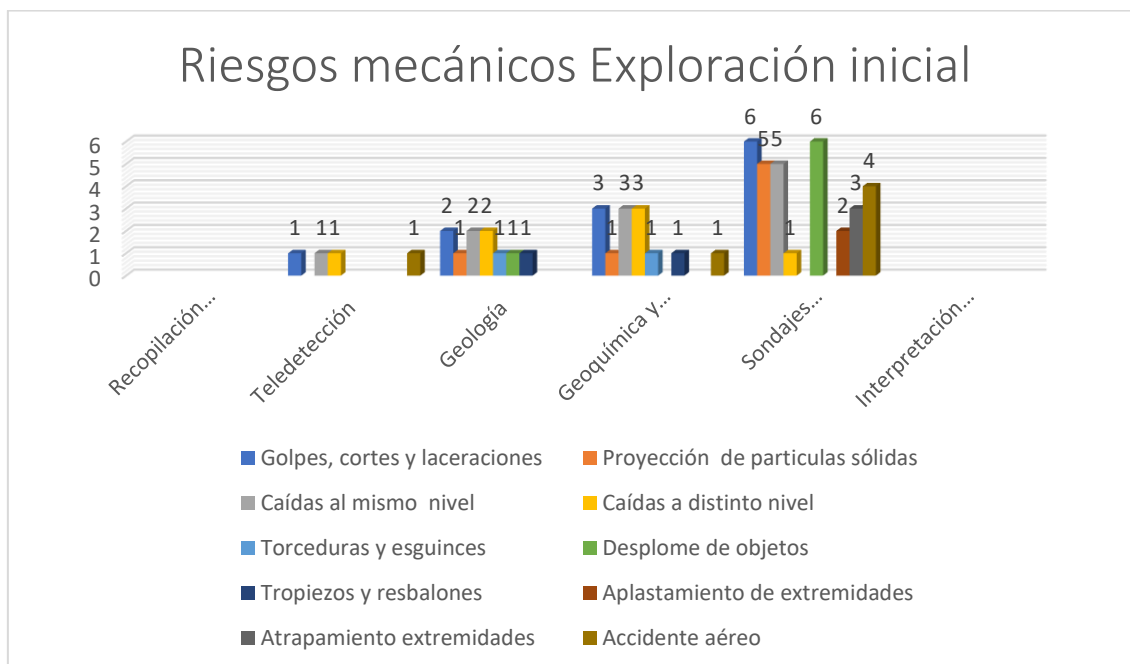
Ilustración 29 Porcentaje de riesgos mecánicos Exploración Inicial



Fuente: Autor Gabriel Barrera

A continuación, podemos observar el número de veces que se identifica dentro de un proceso cada riesgo mecánico:

Ilustración 30 # Riesgos mecánicos en procesos Exploración Inicial



Fuente: Autor Gabriel Barrera.

- Una vez evaluado los riesgos mecánicos bajo la metodología “NTTP 330 Método simplificado para la evaluación de riesgo de accidente”, en esta fase minera de exploración inicial, podemos determinar que los niveles de intervención más elevado que están presentes en la fase de exploración inicial minera para riesgo mecánico son:

Tabla 24 Resultados evaluación de riesgos mecánicos más significativos Exploración Inicial

NTTP 330 “MÉTODO SIMPLIFICADO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DE ACCIDENTE”			
Proceso	Sub -Proceso	Factor de Riesgo	Nivel de intervención
Teledetección	Magnetometría regional	Accidente Aéreo	I
Geología	Movilización pedestre por concesión minera	Caída a distinto nivel	II
Geoquímica y geofísica	Toma de muestras afloramientos superficiales Rock chips	Caída a distinto nivel	II

	Magnetometría específica dentro de concesión minera	Accidente Aéreo	I
Sondajes exploratorios	Apertura de trocha y plataforma	Caída a distinto nivel Desplome de objetos	II
	Construcción de plataforma de perforación	Desplome de objetos	II
	Sondajes exploratorios	Atrapamiento de extremidades	II
	Corte de rocas de testigos de perforación	Golpes cortes y laceraciones Atrapamiento de extremidades	II

Fuente: Autor Gabriel Barrera.

- Se propone como un plan de acción, disponer en las organizaciones de un sistema de gestión de riesgos, de modo que las organizaciones o empresas puedan identificar, medir, evaluar, controlar y mitigar estos riesgos en cada sitio de trabajo y prevenir la ocurrencia de accidentes laborales y enfermedades profesionales; apegado a la legislación y normativa vigente en materia de seguridad industrial en el Ecuador,

El plan de acción o la gestión de los riesgos propuesto se encuentra al final de cada uno de los procesos mencionados en el literal 7 correspondiente a resultados.

Para el cumplimiento de estos objetivos y una gestión efectiva de los riesgos, es necesario tener el compromiso vertical desde la gerencia de la organización con la designación de recursos humanos, tecnológicos y económicos, así como el compromiso transversal con los demás departamentos de una empresa, de modo que el sistema de gestión bajo un proceso de mejora continua sea una herramienta efectiva para gestionar los riesgos mecánicos y prevenir accidentes laborales en la industria minera en su fase de exploración inicial de minerales.

9. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se centró en la evaluación de riesgo mecánico en los procesos que intervienen en la fase de exploración inicial de minerales metálicos y no metálicos, deja como futuras líneas de investigación los siguientes temas:

- Vigilancia de la salud de los trabajadores en exploración inicial.
- Tecnologías de prevención de riesgos en exploración inicial
- Actualización de Marco legal vigente.
- Evaluación de otros factores de riesgo diferente a los mecánicos en la fase de exploración inicial de minerales.
- Implementación de un sistema de gestión de riesgos para la fase de exploración inicial minera

10. BIBLIOGRAFÍA

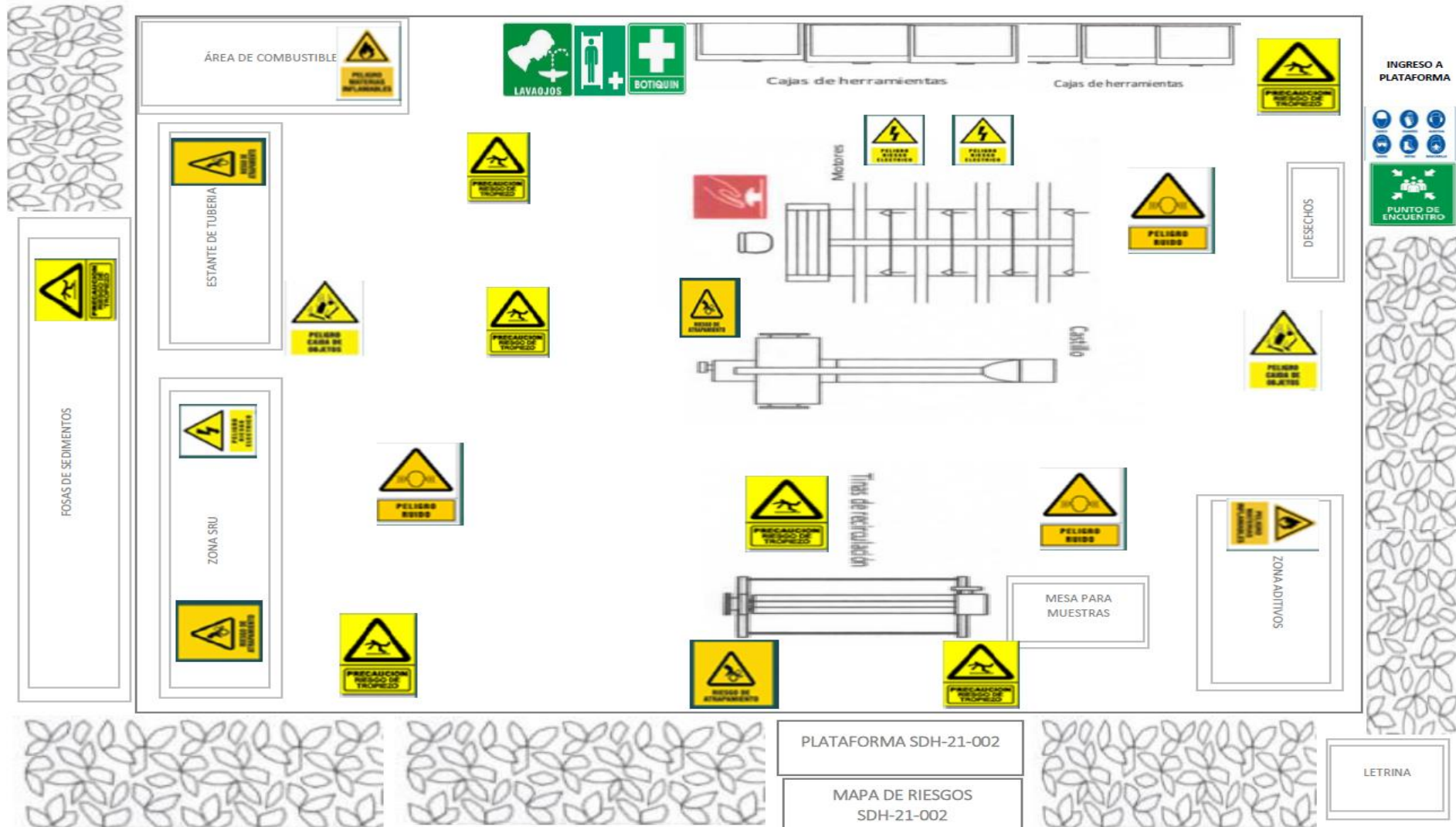
- a. **Ley 45 Registro Oficial Suplemento 517.** Ley minera 24 – Nov- 2011.
- b. **Resolución Oficial N° 339 – Tercer suplemento.** Reglamento de Seguridad y Salud en el ámbito minero. 27- Nov – 2020.
- c. **Tesis Posgrado SSO: RIESGOS LABORALES EN MINERÍA A GRAN ESCALA EN ETAPAS DE PROSPECCIÓN - EXPLORACIÓN DE METALES Y MINERALES EN LA REGIÓN SUR ESTE DEL ECUADOR Y PROPUESTA DEL MODELO DE GESTION DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA EMPRESAS MINERAS EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE.**
AUTOR: Nicolás Ricardo Falla Velásquez. Universidad Central del Ecuador. OCTUBRE 2012
QUITO – ECUADOR
- d. **RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR-013/2020 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Ámbito Minero**
- e. **Banco Central del Ecuador:** Reporte / Estadísticas mineras año 2021,
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero012021.pdf>. Enero 2021 Quito - Ecuador
- f. **Castilla. J., y Herrera Herbert.** El proceso de Exploración Minera mediante sondeos. Madrid 2012.
- g. **INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL DECRETO EJECUTIVO 2393.** Reglamento de Seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del ambiente de trabajo. 1986.
- h. **Manuele Bestratén Bellovi, Francisco Pareja Malagón.** NTP 330: Sistema Simplificado de evaluación de riesgos de accidente.
- i. **Paúl Israel Cornejo Aguiar.** Depósitos minerales no metálicos del Ecuador. Quito, agosto 2016.
- j. **Agencia de Regularización y Control Minero:** http://www.controlminero.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/04/revista-ARCOM_segunda-edicion.pdf Diciembre - 2019.

11. ANEXOS

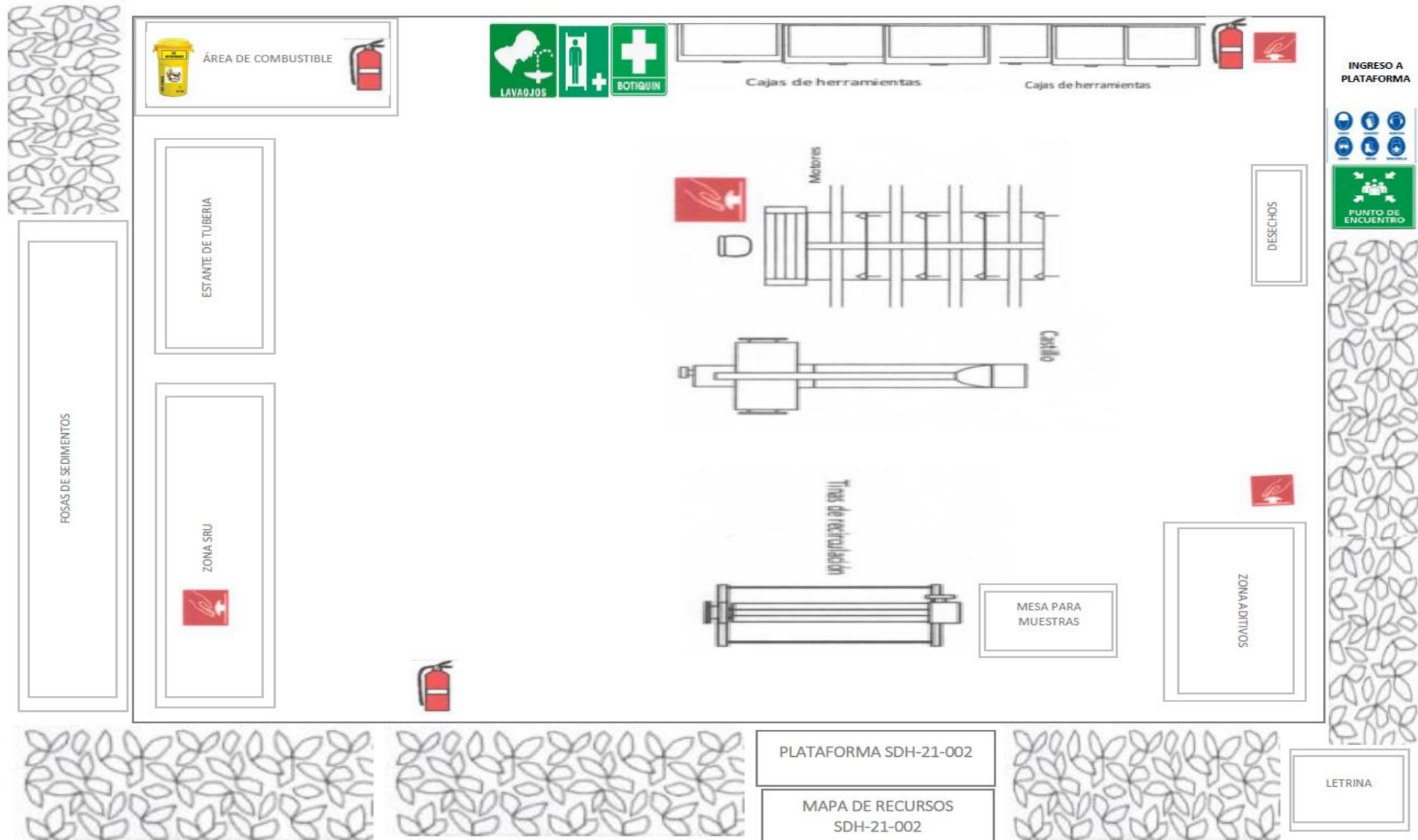
11.1. Anexo #1 Matriz de evaluación de riesgos mecánicos NTTP 330

ANEXO A MATRIZ DE RIESGOS LABORALES EN LA FASE DE EXPLORACIÓN INICIAL MINERA METÁLICOS Y NO METÁLICOS												
Nº	PROCESO	SUBPROCESO	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	ND	NE	NP	NC	NR	NIVEL INTERVENCIÓN		
1	Recopilación de información geológica/proyecto minero	Planificación geológica áreas de interés	Trabajo de Alta Responsabilidad	PSICOSOCIAL	2	1	2	10	20	IV		
			Postura forzada sentado	ERGONOMÍA	2	4	8	10	80	III		
2	Teledetección	Magnetometría regional	Accidente aéreo		2	3	6	100	600	I		
			Golpes, cortes y laceraciones (Mantenimiento aeronave)	MECÁNICOS	2	3	6	10	60	III		
			Caidas al mismo nivel		2	3	6	10	60	III		
			Incendio / explosión al cargar combustible	QUÍMICOS	2	1	2	100	200	II		
			Caida al mismo y distinto nivel		2	4	8	25	200	II		
			Golpes, cortes, laceraciones	MECÁNICOS	2	3	6	10	60	III		
			Torceduras, esguinces		2	2	4	25	100	III		
			Sobreesfuerzos Físicos	ERGONOMÍCOS	2	2	4	25	100	III		
3	Geología		Levantamiento Manual de cargas	ERGONOMÍCOS	2	2	4	25	100	III		
			Movimiento Repetitivos		2	3	6	10	60	III		
			Golpes, Cortes, Laceraciones		2	2	4	25	100	III		
			Caidas al mismo y distinto nivel	MECÁNICOS	6	3	18	10	180	II		
			Desplome de objetos		2	3	6	25	150	II		
			Proyección de Partículas sólidas		2	2	4	25	100	III		
			Caida al mismo y distinto nivel		2	4	8	25	200	II		
			Golpes, cortes, laceraciones		2	3	6	10	60	III		
			Tropezos y resbalones en movilización pedestre	MECÁNICOS	2	2	4	25	100	III		
			Torceduras, esguinces.		2	3	6	10	60	III		
			Sobreesfuerzos Físicos	ERGONOMÍCOS	2	3	6	25	150	II		
4	Geoquímica y Geofísica		Caidas al mismo nivel	MECÁNICOS	2	3	6	10	60	III		
			Golpes, Cortes, Laceraciones		2	3	6	10	60	III		
			Movimiento Repetitivos		2	3	6	10	60	III		
			Levantamiento Manual de cargas	ERGONOMÍCOS	2	3	6	10	60	III		
			Posturas Forzadas		2	3	6	10	60	III		
			Accidente aéreo		2	3	6	100	600	I		
			Golpes, cortes y laceraciones (Mantenimiento aeronave)	MECÁNICOS	2	3	6	10	60	III		
			Caidas al mismo y distinto nivel		2	3	6	10	60	III		
			Incendio / explosión al cargar	QUÍMICOS	2	1	2	100	200	II		
			Golpes, cortes y laceraciones		2	3	6	10	60	III		
			Caida al mismo y distinto nivel		2	3	6	25	150	II		
			Desplome de objetos en manipulación	MECÁNICOS	2	3	6	10	60	III		
			Proyección de Partículas sólidas		2	3	6	10	60	III		
			Sobreesfuerzos Físicos	ERGONOMÍCOS	2	3	6	10	60	III		
			Levantamiento Manual de cargas		2	3	6	10	60	III		
			Golpes, cortes y laceraciones		2	3	6	10	60	III		
			Caida al mismo nivel		2	3	6	10	60	III		
			Proyección de Partículas sólidas	MECÁNICOS	2	3	6	10	60	III		
			Aplastamiento de extremidades		2	3	6	10	60	III		
			Desplome de objetos en manipulación		2	3	6	25	150	II		
			Sobreesfuerzos Físicos		2	3	6	10	60	III		
			Levantamiento Manual de cargas	ERGONOMÍCOS	2	3	6	10	60	III		
			Golpes, cortes y laceraciones		2	3	6	10	60	III		
			Caida al mismo nivel	MECÁNICOS	2	3	6	10	60	III		
			Desplome de objetos en manipulación		2	3	6	10	60	III		
			Aplastamiento de extremidades		2	3	6	25	150	II		
			Contactos eléctricos		2	3	6	10	60	III		
			Caida al mismo nivel	MECÁNICOS	2	3	6	10	60	III		
			Atrapamiento de extremidades		2	3	6	25	150	II		
			Proyección de Partículas sólidas		2	3	6	10	60	III		
			Desplome de objetos en manipulación		2	3	6	10	60	III		
			Contactos eléctricos	FÍSICOS	2	3	6	25	150	II		
			Sobre esfuerzos físicos		2	3	6	10	60	III		
			Movimiento Repetitivos	ERGONOMÍCOS	2	3	6	10	60	III		
			Levantamiento Manual de cargas		2	3	6	10	60	III		
			Golpes, cortes y laceraciones		2	3	6	10	60	III		
			Caida al mismo nivel		2	3	6	10	60	III		
			Atrapamiento de extremidades	MECÁNICOS	2	3	6	10	60	III		
			Desplome de objetos en manipulación		2	3	6	10	60	III		
			Proyección de Partículas sólidas		2	3	6	10	60	III		
			Levantamiento Manual de cargas	ERGONOMÍCOS	2	3	6	10	60	III		
			Golpes, cortes y laceraciones		2	3	6	25	150	II		
			Proyección de Partículas sólidas	MECÁNICOS	2	3	6	25	150	II		
			Atrapamiento de extremidades		2	3	6	10	60	III		
			Desplome de objetos en manipulación		2	3	6	10	60	III		
			Posturas forzadas	ERGONOMÍCOS	2	3	6	10	60	III		
			Movimiento Repetitivos		2	3	6	10	60	III		
			Exposición a partículas de polvo	QUÍMICOS	2	3	6	25	150	II		
6	Interpretación de Resultados geológicos	Procesamiento de información final de sondeos de exploración	Trabajo de Alta Responsabilidad	PSICOSOCIAL	2	1	2	10	20	IV		
			Postura forzada sentado	ERGONOMÍA	2	4	8	10	80	III		
Nota: Se evalúan los riesgos mecánicos bajo la metodología NTTP 330, los otros factores de riesgo que se mencionan necesitan otras metodologías para evaluar estos factores de riesgo identificados.												

11.2. Anexo #2 Mapa de riesgos plataforma de perforación



11.3. Anexo #3 Mapa de recursos plataforma de perforación



11.4. Anexo #4 Mapa de Evacuación plataforma de perforación

