

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Mejora de la recuperación del mineral y control de la dilución de los métodos de minado Bench and fill y sublevel stoping con taladros largos, zona Hadas, de la Unidad Minera Raura**

Jhean Gilmer Cuevas Meza  
Edwin Daniel Paucarchuco Remigio

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

Ing. Javier Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por bendecirnos con unos padres maravillosos, que hicieron el esfuerzo y nos brindaron el apoyo incondicional para terminar satisfactoriamente nuestra etapa de estudios universitarios y realizarnos profesionalmente cumpliendo así nuestro anhelo de obtener el título de Ingeniero de Minas.

Al Ingeniero Javier Carlos Córdova Blancas, que se dedicó a orientarnos en el proceso de la tesis hasta culminarla satisfactoriamente.

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres, por hacernos personas de bien, por ser nuestros guías y ejemplos a seguir y motivarnos a alcanzar nuestros anhelos como profesionales.

A nuestros maestros de la universidad, por brindarnos sus conocimientos adquiridos en años de trabajo, en el campo y en las aulas, que contribuyeron con nuestros aprendizajes tanto en la vida personal, académica y profesional.

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| PORTADA.....  | I         |
| ASESOR .....  | II        |
| AGRADECIMIENTO .....  | III       |
| DEDICATORIA .....   | IV        |
| ÍNDICE .....  | V         |
| LISTA DE TABLAS .....   | VII       |
| LISTA DE FIGURAS.....   | VIII      |
| RESUMEN .....   | IX        |
| ABSTRACT.....   | X         |
| INTRODUCCIÓN .....  | XI        |
| <br>  |           |
| <b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>                           | <b>12</b> |
| 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....                          | 12        |
| 1.1.1. Planteamiento del problema .....                                     | 12        |
| 1.1.2. Formulación del problema .....                                       | 13        |
| 1.2. OBJETIVOS .....  | 13        |
| 1.2.1. Objetivo general.....  | 13        |
| 1.2.2. Objetivos específicos .....  | 13        |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....                                      | 14        |
| 1.3.1. Justificación social - práctica .....                                | 14        |
| 1.3.2. Justificación metodológica .....                                     | 14        |
| 1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....                                    | 14        |
| 1.4.1. Hipótesis general .....  | 14        |
| 1.4.2. Hipótesis específicas .....  | 14        |
| 1.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES.....                                   | 15        |
| 1.5.1. Variable independiente .....   | 15        |
| 1.5.2. Variables dependientes .....   | 15        |
| 1.5.3. matriz de operacionalización de Variables.....                       | 15        |
| <br>  |           |
| <b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....</b>                                      | <b>17</b> |
| 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....   | 17        |
| 2.1.1. Antecedentes Nacionales .....  | 17        |
| 2.1.2. Antecedentes internacionales.....                                    | 19        |
| 2.2. GENERALIDADES DE LA UNIDAD MINERA RAURA .....                          | 20        |
| 2.2.1. Ubicación, accesibilidad y generalidades .....                       | 20        |
| 2.3. GEOLOGÍA general.....  | 21        |
| 2.3.1. Geología regional .....  | 21        |
| 2.3.2. GEOLOGÍA LOCAL .....   | 22        |
| 2.3.3. Geología estructural.....  | 25        |
| 2.3.4. Geología económica .....   | 26        |
| 2.4. BASES TEÓRICAS .....   | 26        |
| 2.4.1. geología del SECTOR hadas .....                                      | 26        |
| 2.4.2. GEOMECÁNICA DE LA ZONA HADAS POR ESTRUCTURA .....                    | 29        |
| 2.5. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN .....   | 43        |
| 2.5.1. MÉTODO TALADROS LARGOS .....   | 44        |
| 2.5.2. MÉTODO “CUT AND FILL” O CORTE Y RELLENO ASCENDENTE .....             | 49        |
| 2.6. EVALUACIÓN TÉCNICA y económica tipo lom de la unidad minera raura..... | 50        |
| 2.6.1. RECURSOS MINERALES POR SECTORES .....                                | 50        |
| 2.6.2. RESERVAS MINERALES.....  | 51        |
| 2.6.3. PRODUCCIÓN DE MINERAL y concentrados TIPO LOM .....                  | 54        |
| 2.6.4. COSTOS DE PRODUCCIÓN TIPO LOM .....                                  | 55        |
| 2.6.5. INVERSIONES (CAPEX) TIPO LOM.....                                    | 56        |

|   |  |            |
|---|--|------------|
| 2.6.6.  | VALOR PRESENTE NETO (NPV) LOM DE LA UNIDAD MINERA RAURA..... | 57         |
| 2.7.  | DILUCIÓN SECTOR HADAS .....                                  | 58         |
| 2.7.1.  | RECONCILIACIONES .....                                       | 62         |
| 2.7.2.  | Caracterización geomecánica – zona hadas .....               | 63         |
| 2.7.3.  | DILUCIÓN Y RECUPERACIÓN MINERA.....                          | 64         |
| 2.7.4.  | RECUPERACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE RESERVAS .....            | 66         |
| 2.7.5.  | PRINCIPALES KPIs DE MINA Y PLANTA .....                      | 67         |
| 2.8.  | FLUJO DE CAJA Y VAN DEL LARGO PLAZO .....                    | 69         |
| 2.9.  | DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....                                 | 71         |
| <b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b> |  | <b>73</b>  |
| 3.1.  | MÉTODO Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN .....                  | 73         |
| 3.1.1.  | Método de la investigación .....                             | 73         |
| 3.1.2.  | ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN .....                           | 74         |
| 3.1.3.  | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....                             | 75         |
| 3.1.4.  | TIPO DE DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....                     | 75         |
| 3.1.5.  | POBLACIÓN Y MUESTRA .....                                    | 75         |
| 3.1.6.  | Técnicas e Instrumentos De Recolección De Datos .....        | 76         |
| <b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>           |  | <b>77</b>  |
| 4.1.  | RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....   | 77         |
| 4.1.1.  | ANÁLISIS DE LAS RESERVAS DE MINERAL EN LA ZONA HADAS .....   | 77         |
| 4.1.2.  | PRODUCCIÓN DE MINERAL 2019 PROGRAMADA Y REAL .....           | 78         |
| 4.1.3.  | EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA PRODUCCIÓN, RECURSOS Y LEYES ..... | 80         |
| 4.1.4.  | MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN POR SECTORES .....                    | 82         |
| 4.1.5.  | COSTOS DE OPERACIÓN (CASH COST) .....                        | 87         |
| 4.1.6.  | COSTOS DE INVERSIÓN (CAPEX).....                             | 89         |
| 4.1.7.  | PROGRAMA DE DILUCIÓN Y RECUPERACIÓN.....                     | 90         |
| 4.1.8.  | PRueba de la hipótesis.....                                  | 95         |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>                                 |  | <b>99</b>  |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>                              |  | <b>101</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                   |  | <b>102</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                       |  | <b>103</b> |

## LISTA DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla N° 1: Tabla de variables. ....  | 15  |
| Tabla N° 2: Ruta geográfica. ....   | 20  |
| Tabla N° 3: Distribución de pilares y etapas de minado de la veta Vanesa del NV200 al NV300. ...                      | 31  |
| Tabla N° 4: Resumen de los parámetros geomecánicos de diseño. ....  | 33  |
| Tabla N° 5: En el cuadro se muestra el resumen de los parámetros geomecánicos de diseño. ....                         | 36  |
| Tabla N° 6: En el cuadro se muestra el resumen de los parámetros geomecánicos de diseño. ....                         | 41  |
| Tabla N° 7: Producción por Método de Explotación. ....  | 44  |
| Tabla N° 8: Recursos Minerales por Sectores. ....   | 51  |
| Tabla N° 9: Resumen de Reservas Minerales por Estructuras. ....   | 53  |
| Tabla N° 10: Plan de producción de mineral 18 - 19 y tipo LOM. ....   | 54  |
| Tabla N° 11: Plan de producción de concentrados 18-19 y tipo LOM. ....  | 55  |
| Tabla N° 12: Costos de producción tipo LOM. ....  | 56  |
| Tabla N° 13: Costos de producción tipo LOM. ....  | 57  |
| Tabla N° 14: Valor Presente Neto LOM de la unidad minera Raura. ....  | 58  |
| Tabla N° 15: Resumen de Dilución, unidad minera Raura. ....   | 61  |
| Tabla N° 16: Resumen de Reconciliaciones, unidad minera Raura. ....   | 62  |
| Tabla N° 17: Resumen del Cálculo de dilución, cuerpo Hadas, unidad minera Raura. ....                                 | 66  |
| Tabla N° 18: Resumen de reconciliación de mineral, unidad minera Raura. ....  | 67  |
| Tabla N° 19: KPIs Mina y Exploraciones LOM, unidad minera Raura. ....   | 68  |
| Tabla N° 20: Resumen del KPIs Planta LOM, unidad minera Raura. ....   | 69  |
| Tabla N° 21: Resumen del Flujo de Caja y VAN tipo LOM, unidad minera Raura. ....                                      | 70  |
| Tabla N° 22: Recursos medidos e indicados de las diferentes zonas en la unidad minera Raura. ....                     | 78  |
| Tabla N° 23: Producción programada y real durante el periodo 2019 en la unidad minera Raura. ....                     | 79  |
| Tabla N° 24: Evolución histórica de recursos, producción y leyes en la unidad minera Raura. ....                      | 81  |
| Tabla N° 25: Producción por Método de explotación 2017 y 2018, unidad minera Raura. ....                              | 83  |
| Tabla N° 26: Producción por método de explotación 2019, unidad minera Raura. ....                                     | 84  |
| Tabla N° 27: Producción por método de explotación proyectado 2020, unidad minera Raura. ....                          | 85  |
| Tabla N° 28: Costos de Operación (Cash Cost) de los periodos 2018 y tipo LOM, unidad minera Raura. ....               | 88  |
| Tabla N° 29: Costos de Inversión (CAPEX) de los periodos 2018 y tipo LOM, unidad minera Raura. ....                   | 90  |
| Tabla N° 30: Dilución e incidencia del método de minado asociados a las reservas minerales, unidad minera Raura. .... | 91  |
| Tabla N° 31: Dilución e incidencia del método de minado, mes de Enero del 2019, unidad minera Raura. ....             | 92  |
| Tabla N° 32: Comparativo de recuperación y dilución periodo 2017, 2018 y 2019, unidad minera Raura. ....              | 96  |
| Tabla N° 33: A Matriz de Consistencia. ....   | 104 |
| Tabla N° 34: B Matriz de Operacionalización de Variables. ....  | 105 |
| Tabla N° 35: Registro para caracterización del macizo rocoso. ....  | 107 |
| Tabla N° 36: Aberturas máximas por tipos de roca para cada estructura mineralizada. ....                              | 109 |
| Tabla N° 37: Costos operativos de los métodos de minado. ....   | 110 |
| Tabla N° 38: Métodos de minado por sectores y estructuras mineralizadas. ....   | 111 |



## LISTA DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Figura N° 1: Ubicación de la mina.....  | 21  |
| Figura N° 2: Vista frontal EW – Volcánicos Raura.....   | 23  |
| Figura N° 3: Muestra de mano, complejo de brecha.....   | 24  |
| Figura N° 4: Vista Frontal (N-S), Contacto-[Granodiorita-Pórfido Cuarzo Monzonita].....                       | 24  |
| Figura N° 5: Vista Frontal (N-S), Contacto-[Granodiorita-Pórfido Cuarzo Monzonita].....                       | 25  |
| Figura N° 6: Plano de ubicación de la zona de Hadas.....  | 29  |
| Figura N° 7: Distribución de pilares y etapas de minado de la veta Vanessa del nv200 al nv300.....            | 30  |
| Figura N° 8: Forma geométrica de los espacios vacíos para su análisis de estabilidad, etapa 2.....            | 31  |
| Figura N° 9: Zonificación Geomecánica TJ658NS – Santa Rosa.....   | 32  |
| Figura N° 10: Análisis de estabilidad para techo, corona, pared frontal/ trasera.....                         | 33  |
| Figura N° 11: Estimación sobre la rotura y el cuadro de dimensionamiento.....                                 | 34  |
| Figura N° 12: Zonificación Geomecánica TJ488EW – Karol.....   | 35  |
| Figura N° 13: Análisis de estabilidad por el Método Gráfico de Estabilidad.....                               | 37  |
| Figura N° 14: Estimación sobre la rotura y el cuadro de dimensionamiento.....                                 | 37  |
| Figura N° 15: Cuerpo Farallón.....  | 39  |
| Figura N° 16: Direcciones y orientaciones de los sistemas de fallas.....                                      | 40  |
| Figura N° 17: Análisis de estabilidad por el Método Gráfico de Estabilidad.....                               | 41  |
| Figura N° 18: Estimación de la sobre rotura equivalente – ELOS.....   | 42  |
| Figura N° 19: Dimensionamiento del minado.....  | 43  |
| Figura N° 20: Muestra una vista isométrica del “sublevel stoping”.....  | 46  |
| Figura N° 21: Vistas Longitudinal Secuencia 1 de explotación “sublevel stoping”.....                          | 46  |
| Figura N° 22: Vistas Longitudinal Secuencia 2 de Explotación “sublevel stoping”.....                          | 47  |
| Figura N° 23: Vistas Longitudinal Secuencia 2 de Explotación “sublevel stoping”.....                          | 47  |
| Figura N° 24: Diagrama de flujo del método de explotación “sublevel stoping”.....                             | 48  |
| Figura N° 25: Método de Explotación Corte y Relleno Ascendente Mecanizado (Breasting).....                    | 50  |
| Figura N° 26: Reservas Minerales por Sectores, unidad minera Raura.....                                       | 52  |
| Figura N° 27: Diseño de dilución operativa, unidad minera Raura.....  | 60  |
| Figura N° 28: Zonificaciones geomecánicas de la zona Hadas, unidad minera Raura.....                          | 63  |
| Figura N° 29: Gráfico de la sobre rotura en la zona Hadas, unidad minera Raura.....                           | 65  |
| Figura N° 30: Gráfico de la evolución histórica de los recursos, producción y leyes, unidad minera Raura..... | 81  |
| Figura N° 31: Zonificación geomecánica de la zona Hadas.....  | 108 |

## RESUMEN

El objetivo de la tesis es evaluar analíticamente la recuperación de mineral y control de la dilución de los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping en el sector Hadas en el periodo 2019 de la unidad minera Raura, de Compañía Minera Raura S.A.

En la presente tesis, se hizo uso del método analítico; de esa forma, la investigación tuvo un alcance descriptivo-explicativo. La investigación tuvo un carácter pre experimental, en donde se observaron los resultados de las variables operacionales técnicas y económicas del plan de producción en los periodos 2017 al 2019 y el tipo LOM. En cuanto al método de recopilación de datos, se realizó una verificación de documentos y el almacenamiento de data que corresponden a la unidad minera. Y se concluyó que la aplicación de métodos de minado masivos con taladros largos incrementa sustancialmente el tonelaje producido con una reducción de costos, manteniendo la mejora en la recuperación de mineral y control de la dilución.

Actualmente, en la unidad minera Raura, cuantificaron reservas de 5.9 Mt de mineral con ley promedio de 0.24 %Cu, 2.31 %Pb, 5.32 %Zn y 2.91 Oz/t Ag, los cuales serán explotados en el periodo 2018 al 2024, con una producción de 2770 tpd.

Los métodos de minado aplicados durante los periodos 2017 al 2019 fueron de Corte y Relleno Ascendente Mecanizado, Bench and Fill y Sublevel Stopping. La incidencia de los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos, durante el periodo 2019, representa el 67 %, el corte y relleno ascendente el 6 % y avances y stock el 26 %.

Para el periodo 2020, la incidencia de la aplicación del método de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos representarán la incidencia del 70 % y el 30 % de las labores de avance, sin considerar el Cut and Fill. El Cash Cost durante los periodos 2017, 2018 y 2019 fueron de US \$ 73.09 / tn, US \$ 71.3 / tn y US \$ 69.5 / tn respectivamente. Este descenso del costo de operación es por el incremento del tonelaje, producto de la aplicación de métodos de minados con taladros largos.

El promedio general considerando taladros largos (Bench and Fill y Sublevel Stopping) y Cut and Fill, generaron promedios de dilución en 11% y 18% respectivamente, con una recuperación de mineral durante los periodos 2017, 2018 y 2019 que fue del 92%, 105% y 101% respectivamente.

**Palabras clave:** Plan de minado, Cash Cost, recuperación, dilución, producción, optimización.

## ABSTRACT

The objective of the thesis is to analytically evaluate the mineral recovery and dilution control of the bench and fill and sublevel stoping mining methods in the Hadas sector in the 2019 period of the Raura Mineral Unit, of Compañía Minera Raura S.A.

In the present thesis the analytical method was used, in this way the research had a descriptive-explanatory scope. The research had a pre-experimental nature, where the results of the technical and economic operational variables of the production plan in the periods 2017 to 2019 and the LOM type were observed. Regarding the data collection method, a verification of documents and data storage corresponding to the Mining Unit was carried out. And we concluded with the application of massive mining methods with long holes, substantially increasing the tonnage produced with a reduction in costs, maintaining the improvement in mineral recovery and dilution control.

Currently in the Raura mining unit, they quantified reserves of 5.9 Mt of ore with an average grade of 0.24% Cu, 2.31% Pb, 5.32% Zn and 2.91 Oz / t Ag, which will be exploited in the period 2018 to 2024, with a production of 2770 tpd.

The mining methods applied during the periods 2017 to 2019 were Cut and Fill Mechanized Ascending, Bench and Fill and Sublevel Stopping. The incidence of bench and fill and sublevel stoping mining methods with long drills during the 2019 period represents 67%, ascending cut and fill 6% and advances and stock 26%.

For the period 2020, the incidence of applying the bench and fill mining method and sublevel stoping with long drills will represent the incidence of 70% and 30% of advance work, without considering Cut and Fill. Cash Cost during the periods 2017, 2018 and 2019 were US \$ 73.09 / tn, US \$ 71.3 / tn and US \$ 69.5 / tn respectively. This decrease in operating cost is due to the increase in tonnage, due to the application of mining methods with long drills.

The general average considering long holes (Bench and Fill and Sublevel Stopping) and Cut and Fill, generated dilution averages in 11% and 18% respectively, with a mineral recovery during the periods 2017, 2018 and 2019 were 92%, 105 % and 101% respectively.

**Key words:** Mining plan, cash cost, recovery, dilution, production, optimization.

## INTRODUCCIÓN

La creación de programas de mejoramiento y reducción de costos en la unidad minera Raura es sumamente importante en cuanto a la estructuración de costos, conformando así las variables de recuperación y dilución, que se controlan en los diferentes métodos de minado para un incremento de la productividad y mejora de la rentabilidad económica de la operación minera.

Las variables que incrementan los costos operacionales son el no cumplimiento con el plan de producción en cada unidad básica minera (UBM) y está en función de la selectividad a aplicar en la explotación de las diferentes estructuras mineralizadas.

Esta selectividad dependerá directamente del método de minado a utilizar, a mayor tamaño de los tajeos existirá un ritmo de extracción mayor con una disminución de costos, pero el nivel de flexibilidad y selectividad disminuye con una reducción de los valores de mineral.

La presente tesis busca realizar un análisis comparativo de las variables de recuperación y dilución de los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos en el sector Hadas de la unidad minera Raura en un planeamiento tipo largo plazo (LOM).

Este análisis comparativo permitirá evaluar las reservas minerales entre los periodos 2018 al 2024 y los métodos de minado a ser aplicados, considerando las variables de recuperación y dilución en el sector Hadas, por lo cual se estructura la tesis de la siguiente manera.

En el capítulo I, se considera el planteamiento del problema, objetivos de investigación, justificación correspondiente, hipótesis de investigación e identificación de variables.

En el capítulo II, se presenta el marco teórico, antecedentes del problema, generalidades de la empresa, las bases teóricas de la recuperación y dilución de los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping y diagnóstico situacional.

En el capítulo III, se incluye el método de investigación; en consecuencia, se especifica el método, el alcance que tiene la investigación, el tipo de diseño, nivel de investigación, población, muestra y, por último, la técnica de recolección de datos.

En el capítulo IV, se muestra la obtención de resultados en la mejora de la recuperación de mineral y control de la dilución en la unidad minera Raura, los cuales serán presentados con sus resultados y discusión en las tablas respectivas

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En los últimos años, la minería en el Perú ha ido evolucionando de manera trascendental, utilizando así métodos de explotación más rentables que permitan generar más ganancias y así mismo reducir costos. La elección del método de minado es muy importante para tener una buena rentabilidad económica, principalmente si se tiene el control de la dilución y la recuperación del mineral.

Por tal motivo, un aumento en la recuperación del mineral, producto del método de minado, proporcionará un descenso en los costos operacionales y, mejor aún, la optimización de un método de explotación nos permitirá el cumplimiento de los objetivos de producción, para mantener los niveles de rentabilidad económica.

Dicho esto, el mejoramiento de los métodos de minado se hace muy necesario teniendo en cuenta las propiedades geológicas y geomecánicas del yacimiento minero.

En la actualidad, la Compañía Minera Raura viene utilizando el método de explotación por taladros largos, los cuales han sido implementados con un objetivo de producción de 2800 tpd, siendo este el objetivo de la investigación para optimizar, así, la productividad.

### **1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

- **Problema general**

¿Cómo se puede mejorar la recuperación del mineral y control de la dilución del método de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos, zona Hadas de la unidad minera Raura?

- **Problemas específicos**

¿Cómo controlar las variables operacionales en la recuperación del mineral en la explotación de la zona Hadas de la unidad minera Raura?

¿Cómo mejorar las variables operacionales en la dilución del mineral en la explotación de la zona Hadas de la unidad minera Raura?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una metodología que incremente la mejora de la recuperación del mineral y control de la dilución del método de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos, zona Hadas de la unidad minera Raura.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar y optimizar la producción del ciclo de minado por el método de explotación Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos, zona Hadas de la unidad minera Raura.
- Determinar el aumento de la recuperación del mineral en la zona Hadas de la unidad minera Raura por el método de explotación Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

#### **1.3.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL - PRÁCTICA**

Con el desarrollo del presente trabajo de investigación, se desea optimizar la recuperación controlando la recuperación y dilución del mineral utilizando el método de taladros largos – Compañía Minera Raura S.A; de esta manera, reducir costos y garantizar la buena estabilidad económica de la empresa y lograr los objetivos y metas corporativos en base a la mejora continua.

Desde el punto de vista empresarial, contribuirá para la obtención de mayor rentabilidad económica, dando mejora en la productividad y reduciendo costos de la operación minera incrementando el tonelaje.

#### **1.3.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

La presente investigación se respalda, en la parte metodológica, en el desarrollo de la misma; el investigador creará una metodología propia para recolectar datos, así como su desarrollo y, finalmente, llegará a las conclusiones.

### **1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La mejora de la recuperación del mineral y control de la dilución del método de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos, zona Hadas de la unidad minera Raura aumentará la producción incrementando la ley de mineral y dando mayor rentabilidad económica.

#### **1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- La reducción de costos operacionales mediante la optimización del método de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos mejorará la reducción del cash cost de la unidad minera Raura.

- El aumento de la producción por el mejoramiento del método de explotación Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos incrementará los ingresos por ventas de mineral en la unidad minera Raura.

## 1.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

### 1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Método de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos.

### 1.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Recuperación de mineral y control de la dilución.

### 1.5.3. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla N° 1: Tabla de variables.

Anexo A: Matriz de consistencia

| Variables   | Definición conceptual   | Definición operacional   |   |  |
|---|---|--|---|--|
|   |   | Dimensiones  | Sub-Dimensiones   | Indicadores  |
| VI:<br>Mejora de la recuperación del mineral en el método de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos. | Es un método de explotación que se utiliza para la extracción de mineral para aumentar la producción, orientado a cumplir los objetivos controlando la recuperación y dilución del mineral. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Factores geológicos</li> <li>• Factores geomecánicos</li> </ul> | Valoración geológica del yacimiento<br><br>Valoración geomecánica | Ley media<br><br>Características del macizo rocoso   |
| VD:<br>Control de dilución del mineral  | Se dice la operación para el control de pérdida de mineral minimizando así los costos operacionales con criterios técnico-económicos, que permitan la buena extracción de mineral.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variables económicas</li> </ul>                                 | Valoración de costos operativos<br><br>Valoración económica       | Opex<br><br>Costos directos<br><br>Costos indirectos |

Fuente: Elaboración propia



**Anexo A: Matriz de consistencia.**

| <b>Problema</b>   | <b>Objetivos</b>   | <b>Hipótesis</b>  | <b>Variables</b>   |
|---|--|---|--|
| <p><b>Problema General.</b></p> <p>¿Cómo se puede mejorar la recuperación del mineral y control de la dilución del método de explotación con taladros largos en la zona Hadas de la Compañía Minera Raura?</p> <p><b>Problemas específicos.</b></p> <p>¿Cómo controlar las variables operacionales en la recuperación del mineral en la explotación en la zona Hadas de la Compañía Minera Raura?</p> <p>¿Cómo mejorar las variables operacionales en la dilución del mineral en la explotación en la zona Hadas de la Compañía Minera Raura?</p> | <p><b>Objetivo General.</b></p> <p>Desarrollar una metodología que incremente la mejora de la recuperación del mineral y control de la dilución del método de minado taladros largos, zona Hadas de la Compañía Minera Raura</p> <p><b>Objetivo específico.</b></p> <p>Determinar y optimizar la producción del ciclo de minado por el método de explotación taladros largos, zona Hadas de la Compañía Minera Raura.</p> <p>Determinar el aumento de la recuperación del mineral en la Zona Hadas de la Compañía Minera Raura por el método de explotación taladros largos.</p> | <p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La mejora de la recuperación del mineral y control de la dilución del método de taladros largos, zona Hadas de la Compañía Minera Raura aumentará la producción incrementando la ley del mineral y dando mayor rentabilidad económica.</p> <p><b>Hipótesis específico</b></p> <p>La optimización del método de explotación por taladros largos permitirá un mejor control de la dilución del mineral, zona Hadas de la Compañía Minera Raura. La reducción de costos de perforación y voladura mediante la optimización del método de taladros largos, zona Hadas de la Compañía Minera Raura. El aumento de la producción por el mejoramiento del método de explotación por taladros largos en la zona Hadas de la Compañía Minera Raura.</p> | <p>VI: Mejora de la recuperación del mineral por el método de minado taladros largos.</p> <p>VD: Control de la dilución del mineral.</p> <p>VI: Variables operacionales en la recuperación del mineral.</p> <p>VD: Recuperación del mineral.</p> <p>VI: Variables operacionales en la dilución del mineral</p> <p>VD: Recuperación de la dilución del mineral.</p> |

**Fuente: Elaboración propia**

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES**

- Apaza E. (2013) en la tesis de pregrado que lleva como título “Implementación de taladros largos en vetas angostas para determinar su incidencia en la producción, eficiencia y seguridad de las operaciones mineras – Pashsa Mina Huarón S.A.” El investigador tiene como objetivo implementar el desarrollo de taladros largos en vetas angostas por subniveles definiendo así la producción, eficiencia y un tema muy importante que es la seguridad en las operaciones mineras y, de esa manera, se asegura la factibilidad técnica económica en la unidad minera Huarón. En resultados obtenidos, tuvo una repercusión directa entre los costos y la producción, mejorando así su eficiencia, de tal forma que incrementan la seguridad de las operaciones mineras en donde se asegura su factibilidad técnica económica con otros métodos que se habían aplicado en la unidad minera Huarón. (1)
- Vasquéz J (2015) en la tesis de pregrado que lleva como título “Elección y aplicación del método tajeo por subniveles con taladros largos para mejorar la producción en la veta Gina Socorro Tajo 6675 - 2 de la U.E.A. Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.”

El investigador tiene como propósito seleccionar y, de esa manera, utilizar el método tajeo por subniveles con taladros largos en la veta Gina Socorro Tajo

6675 – 2, de tal manera que se incrementa la producción de mineral en la U.E.A. Uchucchacua. Los resultados obtenidos son favorables porque se hace una mejora a la producción de mineral al utilizar el método de explotación tajeo por subniveles taladros largos, con el cual comprobamos el análisis técnico económico favorable. Cuando se usaron taladros largos, el valor presente neto es de US \$2'050,260.0, el cual es mucho mayor que cuando se usó el método de corte y relleno; así mismo, en el aspecto metalúrgico y el precio del metal en Ag, Zn y Pb, la ley mínima de corte es 6.4508 Oz Ag/TCS. (2)

- De la Cruz P. y Mallico F. (2014) en la tesis de pregrado que lleva como título “Aplicación De Taladros Largos En Vetas Angostas, Para Reducir Costos De Operación En La Zona Esperanza – Cía. Minera Casapalca S.A.” El investigador tiene como finalidad aplicar taladros largos en vetas angostas para reducir costos de operación en la zona esperanza - Cía. Minera Casapalca S.A. Los resultados obtenidos son que los costos de operación se reducen a 13 %, lo cual es muy rentable, por ser base para obtener utilidades y los costos de perforación se reducen a 0.45 US\$/Ton y los costos de voladura se reducen a 1 ,04 US\$/Ton. (3)
- Carlos I. y Rivera E. (2016) en la tesis de pregrado que lleva como título “Ventajas Económicas De La Implementación Del Método De Explotación Sublevel Stoping En Vetas Angostas Frente Al Método De Explotación Convencional De Corte Y Relleno Ascendente En La Zona Codiciada De La Mina Morococha”. El investigador tiene como propósito determinar los costos directos de las operaciones unitarias del ciclo de minado del método Sublevel Stoping y así obtener datos primordiales que permitan mejorar cada uno de los trabajos en el ciclo de minado: perforación, voladura, acarreo, transporte y diseñar con el área de planeamiento el plan de minado para la explotación con el método Sublevel Stoping en otras zonas que cumplan las propiedades geomecánicas necesarias. Con los resultados obtenidos, evaluando los resultados anteriores, se llega a la conclusión de que el método Sublevel Stoping ofrece un mayor índice de rentabilidad y un bajo costo de operación en comparación al método corte y relleno ascendente convencional. Por consiguiente, se logra identificar las operaciones unitarias con más porcentaje dentro del estudio del método en las cuales se puede analizar para así lograr

disminuir el costo de operación del método Sublevel Stoping y, de esta manera, que sea muy rentable para la explotación. (4)

### **2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

- Grigaliunas M. (2016) en la tesis de postgrado que lleva como título “Diseño Óptimo De Minería Subterránea Auto Soportada”. El investigador tiene como propósito crear y poner en funcionamiento un modelo de mejora para así tratar con el problema de diseño y obtención del layout óptimo en minería subterránea auto-soportada; en particular, Sublevel Stoping (SLS). Incorporando restricciones técnico-económicas y geo-mecánicas, a fin de que maximicen el beneficio total de explotación. Por consiguiente, se hizo posible la modelación de optimización en donde nos permite la optimización del layout de caserones del método de minado Sublevel Stoping sin relleno, en donde está sujeto a restricciones que sustenten la explotación, de donde se obtienen resultados que concuerden con la realidad. (5)
- Henríquez D. (2019) en la memoria de pregrado que lleva como título “Evaluación del Límite Óptimo entre Minería Cielo Abierto y Sublevel Stoping”. El propósito de la investigación es implantar el alcance óptimo de dos métodos de explotación, subterráneo y cielo abierto, en donde se establece un plan de producción determinado del que genere un mayor valor actualizado neto (VAN), conservando así una distancia mínima de estabilidad. El método propuesto entrega como resultado la mejor opción para la extracción del mineral, pero también expone las bases para abordar casos de explotación conjunta (cielo abierto y SLS), incluyendo los planes de producción para la evaluación económica e implementando una nueva metodología para determinar el diseño y ubicación de una mina Sublevel Stoping según agendamientos. De acuerdo con los resultados, se concluye que incorporar los planes de producción para determinar el diseño óptimo del Sublevel Stoping agrega valor al proyecto. No obstante, su implementación puede ser costosa en términos de tiempo de cálculo y la posibilidad de realizar un análisis en detalle queda supeditada al nivel de resolución que se considere al plantear el problema. Pese a esto, las simplificaciones son necesarias para resolver el problema en tiempos adecuados por lo que se sugiere que exista un estudio

previo que permita definir qué simplificaciones pueden realizarse y medir cuál es su impacto en el problema global. (6)

## 2.2. GENERALIDADES DE LA UNIDAD MINERA RAURA

### 2.2.1. UBICACIÓN, ACCESIBILIDAD Y GENERALIDADES

La unidad minera Raura se encuentra en el distrito de San Miguel de Cauri en el departamento de Huánuco, provincia de Lauricocha, entre los 3400 msnm y 4800 msnm, en la cumbre de la Cordillera Occidental de los Andes, con cercanía al nudo de Pasco, entre los departamentos de Huánuco (distrito de San Miguel de Cauri, provincia de Lauricocha) y Lima (distrito y provincia de Oyón). Sus coordenadas geográficas de ubicación son:

- Coordenadas U.T.M : 8' 845, 500 N 309,700 E
- Latitud: 10° 26' 30" S
- Longitud: 76° 44' 30" W

Se llega al área de estudio, mina Raura, por la siguiente vía:

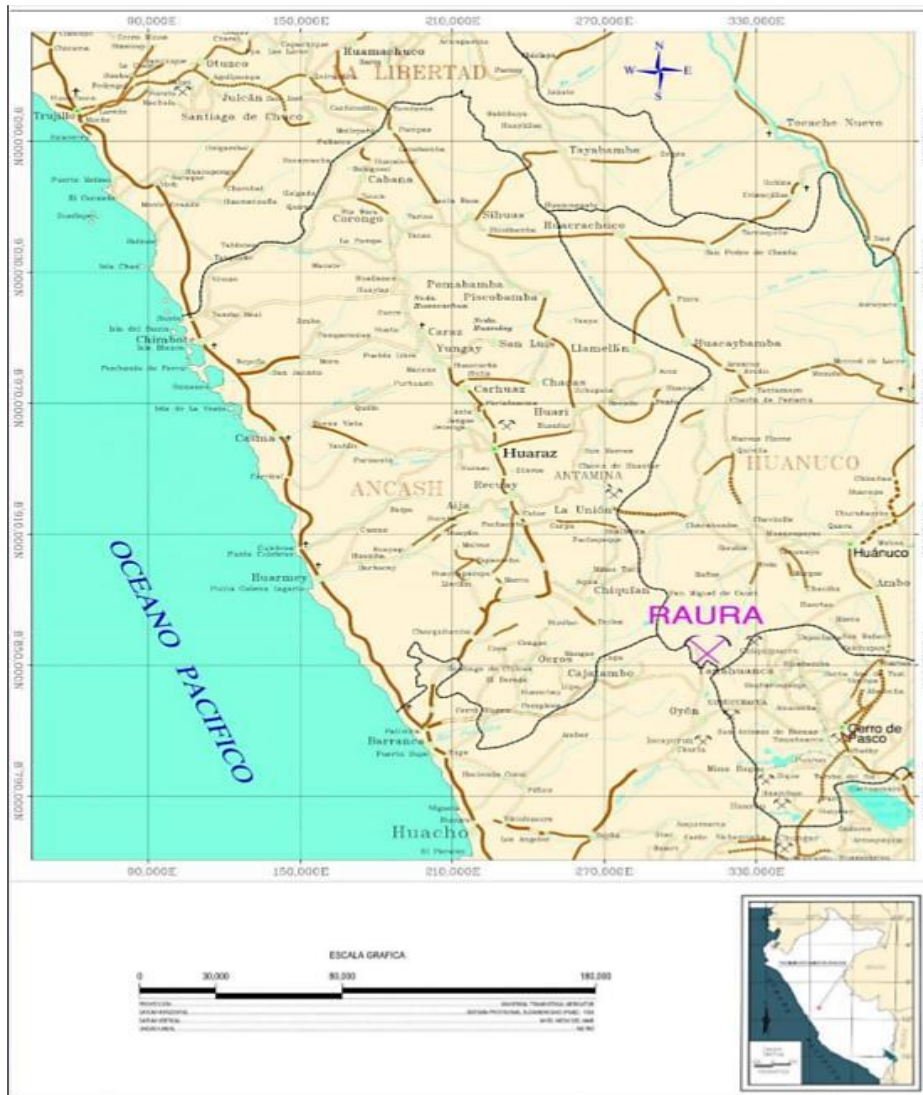
- Carretera Panamericana Norte (103 Km.), tomando el desvío Río Seco a Sayán (50 Km.), carretera a Churín y Raura (124 Km.), haciendo un total de 277 Km.

Tabla N° 2: Ruta geográfica.

| RUTA                   | KILÓMETROS |
|------------------------|------------|
| Lima – Río Seco        | 103 Km     |
| Río Seco – Sayán       | 50 Km      |
| Sayán – Churín – Raura | 124 Km     |
| TOTAL                  | 277 Km     |

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 1: Ubicación de la mina.



Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Raura.

## 2.3. GEOLOGÍA GENERAL

### 2.3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

La geología regional del yacimiento minero Raura se encuentra a partir de un afloramiento de una cadena montañosa en la Cordillera de los Andes. La sucesión de los depósitos sedimentarios se forma a partir de un proceso delgado de sedimentos de plataforma durante el Cretáceo. En la región afloran unidades estratigráficas, las cuales están constituidas por rocas sedimentarias, intrusivas y volcánicas. En la unidad minera Raura, la conforman los sedimentos silicoclásticos

del grupo Goyllarisquizga del Cretáceo inferior. Dicha secuencia aflora a 4 km del Sur de la mina Raura. Las fuerzas de compresión NE-SW, las cuales originan unas estructuras Andino N-NW, que genera la presencia de grandes plegamientos y sobre escurrimientos de igual dirección. (7)

### **2.3.2. GEOLOGÍA LOCAL**

El contexto geológico del yacimiento minero Raura viene precedido por la ocurrencia de múltiples eventos geológicos; tales eventos se desarrollaron en un marco estructural complejo, los cuales comprenden múltiples repeticiones tectónicas en las unidades estratigráficas del Cretácico, además del plegamiento, fallamiento y cabalgamiento de los sedimentos calcáreos mesozoicos de las formaciones Jumasha y Celendín; la preparación estructural del yacimiento minero se dio durante la fase tectónica Quechua II, a lo largo de la falla Chonta N-NW en forma de un salto estructural con fallas sigmoidales NE-SW. (7)

El ascenso de magma coetáneo al batolito de la Cordillera Blanca, con una edad aproximada de alrededor de 10 a 11 Ma.y la erupción magmática masiva de piroclásticos (tobas de lapilli) de varios kilómetros cúbicos y subsecuente colapso del área de erupción en forma de caldera. La caldera de 2 x 2.5 km de extensión tiene forma rómbica, limitada por las principales fallas del distrito. Subsistencia de bloques de las calizas y relleno de la cubeta de caldera con tobas de lapilli soldada en un espesor de probablemente mucho más de 1200 m; actualmente, se encuentran preservados al menos 600 m verticales. (7)

Magmatismo resurgente lleva a la intrusión de stocks de composición diorítica - granodiorítica – cuarzo monzonítico en el sector Oeste de la caldera, indicando la zona alimentadora principal. Brechas de turmalina en la cúpula de intrusivo indican el alto nivel de emplazamiento. Ascenso y emplazamiento de diques y stocks de pórfido de cuarzo y en zonas periféricas como el dique Siete Caballeros y diques dacíticos en el lado Oeste del glaciar Brazzini hasta la zona Surasaca. (7)

Erosión parcial del sistema y erupción de diatremas (Complejo de Brechas),probablemente causado por la cristalización y el ascenso de magma cuarzo-porfirítico a nivel distrital ( Santa Ana-Esperanza - Farallón-Santa Rosa-Putusay-Surasaca). Intrusión de diques y stocks tipo pórfido de cuarzo en la

diatrema principal del Complejo de Brechas, alrededor de 8 Ma. Establecimiento de un sistema epitermal en la zona del complejo de brechas. Erupción de brechas hidrotermales - freáticas. Erosión hasta nivel de raíz de caldera. Skarnización se presenta principalmente en el contacto de los intrusivos granodioríticos a monzodioríticos con las calizas roca huésped. La mineralización conocida está relacionada a la reactivación de las fallas sigmoidales NE-SW y skarn retrógrado (exoskarn y también endoskarn). (7)

**Figura N° 2: Vista frontal EW – Volcánicos Raura.**



**Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Raura.**



**Figura N° 3: Muestra de mano, complejo de brecha.**



**Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Raura.**

**Figura N° 4: Vista Frontal (N-S), Contacto-[Granodiorita-Pórfido Cuarzo Monzonita].**



**Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Raura.**

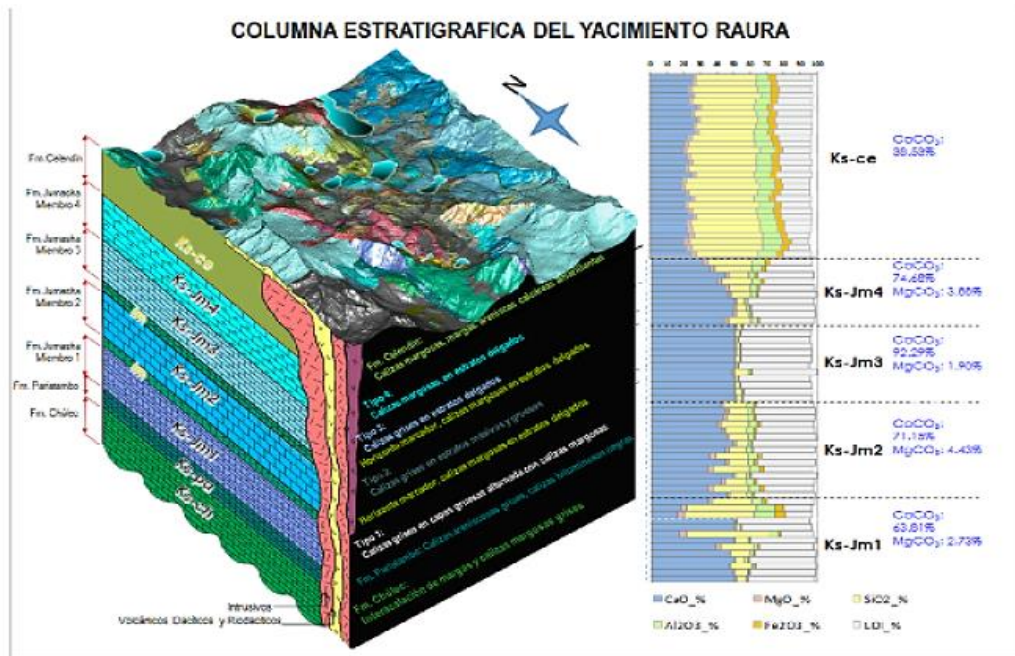
### 2.3.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La región, vista geológicamente, fue sometida a muchas fallas estructurales, ciclos evolutivos de la placa tectónica Andina, plegando y fallando a toda la secuencia del Mesozoico, en donde crearon zonas de debilidad cortical, las cuales fueron desarrollando diferentes eventos como los plutónicos - volcánicos y de mineralización en la región. (7)

El origen de un sistema de estructuras Andino N-NW fueron las fuerzas de compresión NE-SW, que generaron la fuerte presencia de sobre- escurrimientos y plegamientos en el mismo sentido. La falla Chonta está direccionada hacia el extremo oeste del distrito minero de Raura; es principalmente una de las estructuras regionales de rumbo noroeste, que se sitúa como una falla inversa de sobre escurrimiento. (7)

En la intersección de fragmentación y un horizonte favorable como son el Jumasha medio e inferior conforman los lugares más propicios para la formación de depósitos minerales dentro del yacimiento minero. (7)

Figura N° 5: Vista Frontal (N-S), Contacto-[Granodiorita-Pórfido Cuarzo Monzonita].



Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Raura.

#### **2.3.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA**

##### **a. MINERALIZACIÓN EN VETAS**

En la estructura fracturada, hay dos sistemas que son los que contienen toda la mineralización en vetas en Raura. El sistema más importante tiene rumbo N 60° W a E-W. El otro sistema tiene rumbo N 65° - 80° E. Existe un zoneamiento muy marcado en la mineralización de Raura, al norte las vetas tienen minerales de cobre y plata, al sur se mineralizaron los valores de plomo y zinc. (8)

##### **b. MINERALIZACIÓN EN CUERPOS**

En el sector de contacto metasomático (exoskarn) de las calizas Jumasha y los intrusivos pórfidos cuarcíferos, se presentan cuerpos o bolsanadas con minerales de plomo, zinc y plata. En el cuerpo de skarn con reemplazamiento de zinc – plomo más importante en el distrito minero de Raura tiene una dirección de rumbo N 30° W con buzamiento de 70° W. El halo de alteración metasomático (exoskarn) tiene una potencia de 50 – 60 m. y una longitud de 900 – 1,000 m., a lo largo de esta alteración se emplazan los cuerpos, de sur a norte, Primavera, Betsheva, Catuva y Niño Perdido; la mineralización se presenta con reemplazamiento de esfalerita, calcopitita, marmatita, galena y diseminación de pirita. Hacia la caja techo en contacto con el intrusivo se componen cuerpos de pirita sacaroide. La mineralización en este cuerpo presenta un zoneamiento vertical; en la parte alta, se observa mayor contenido de valores de zinc, plomo, plata y en el centro (nivel 490), se observa mayores valores de zinc, disminuyendo los valores de plomo. Y en profundidad (nivel 380), se incrementa los valores de cobre. (9)

#### **2.4. BASES TEÓRICAS**

##### **2.4.1. GEOLOGÍA DEL SECTOR HADAS**

La sección Hadas es una zona que se caracteriza por tener contenido de valores de plomo y está ubicada al sur y sureste del yacimiento minero de Raura.

**a. BOLSONADA BRUNILDA**

Está ubicada en la parte sur de Raura y guarda relación con el fracturamiento y vetas de dirección E-W con inclinación al sur. Al norte, se localiza una falla de igual rumbo y buzamiento. El fracturamiento alrededor de las principales estructuras del tipo stock work permitió que el relleno y emplazamiento del mineral dentro de las porosidades existentes. Los minerales llamados ganga son pirita, rodocrosita y cuarzo; la mejor mineralización se presentó entre los niveles 500 y 790. La roca encajonante es una riódacita subvolcánica brechada. (9)

Se realizó el trabajo en el Nv 440 al no cumplir la perspectiva de los niveles sobresalientes por su baja potencia y presencia de caballos de desmonte. En realidad, se viene trabajando en el Nv 300 con mineralización típica de Raura en Rosario. (9)

**b. STOCK WORK SOFÍA**

Está ubicado en la veta Sofía que compone un sigmoideo que forma un sector de mármol dolomita. El brechamiento y fracturamiento paralelo e irregular a dicha veta rellena con mineralización de Pb, Zn, Ag intercepta hasta 4 horizontes de reemplazamiento con potencias de 2 – 3 m., en una longitud de 25 a 30 m. (9)

En conjunto, la explotación principal se desarrolló en los niveles superiores (660, 630 y 590) en un Cuerpo de 500 m<sup>2</sup>. No se tuvo la misma área mineral en Nv 380, donde solo se trabajó en veta. Los minerales mena están representados por galena, esfalerita, freibergita. Los minerales ganga son calcita, rodocrosita, pirita y cuarzo. Esta zona mineralizada está controlada por la falla Mata Paloma. (9)

**c. VETA HADAS**

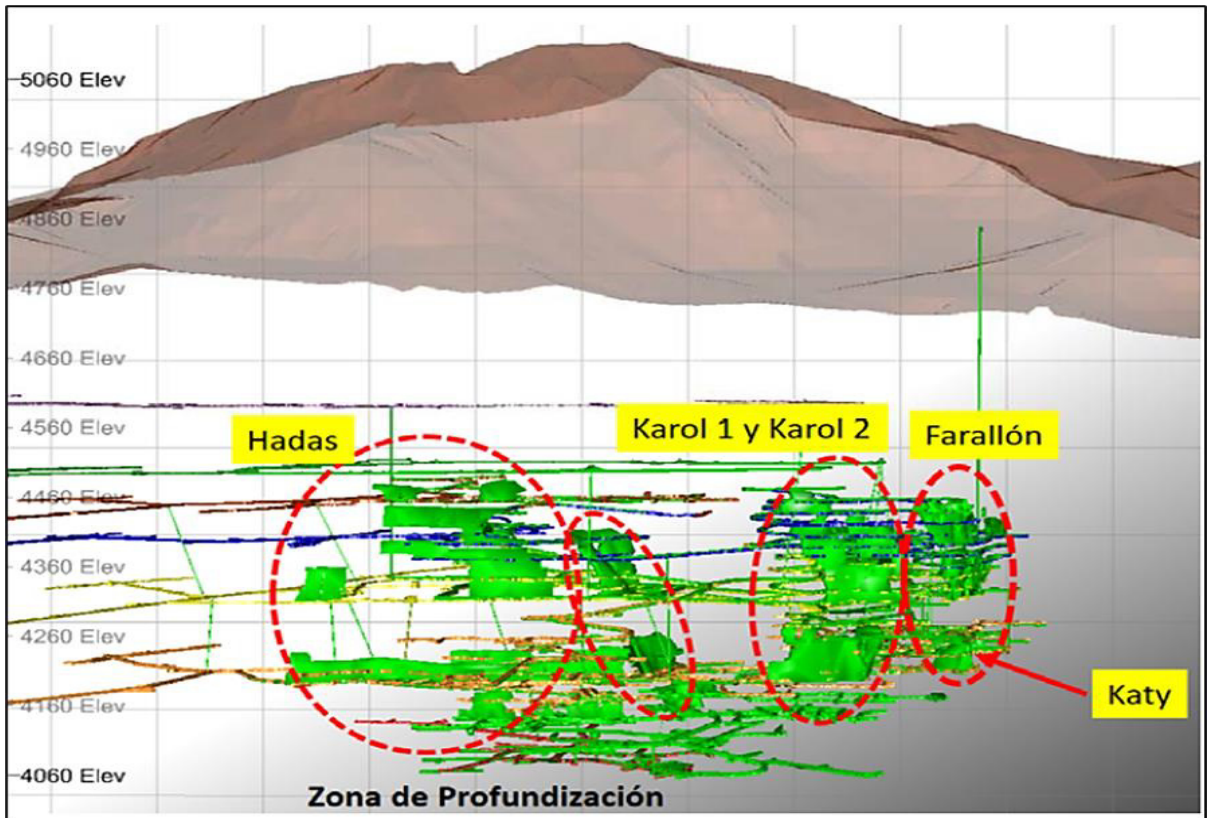
La veta Hadas conforma una estructura de vetas paralelas de rumbo aproximado E-W con buzamiento 80° dirección sur. La fractura primordial crea una estructura en echelón y la mineralización se manifiesta relleno de fracturas. En general, dichas estructuras están compuestas por seis “clavos” mineralizados de 50 a 200 m. de longitud y el tipo de roca encajonante de naturaleza dolomítica, es un control importante en la ubicación del mineral

económico. En la parte superior de los niveles 710 y 740, se observa el contacto entre la riodacita subvolcánica superior y calizas. Dicho fracturamiento ha sido más en la zona contigua al contacto con la caliza formándose mineralización tipo bolsonada o stock work. En profundidad, la caliza se altera a Skarn en la zona de contacto con mineralización económica, luego se silicifica con aparición de estructuras que decrecen en potencia. Los minerales primordiales son los siguientes: galena, esfalerita, freibergita, en poca proporción calcopirita. Así mismo, rodocrosita, fluorita, pirita y calcita. Se trabajó en el Nv 440 y se viene explotando en el nivel 300 (Proyecto Farallón). (9)

**d. VETAS LEAD HILL SUR Y NORTE**

Son estructuras que se manifiestan en formas paralelas en aproximadamente 200 m pertenecen al sistema N 70° - 85°W. Tiene un promedio 2 a 3 Oz Ag, con minerales base de galena y esfalerita, siendo así en los niveles superiores (770 y 800) al extremo este de la veta, las leyes de plata son altas (sobre 10 con alto contenido en plomo en una potencia de 0,4 m). Cuando las vetas atraviesan el volcánico riodácítico, la mineralización se optimiza en potencia y valores, la estructura se presenta en echelón, como se puede observar en el Nv. 700 y en el Nv. 740 se unen en una sola estructura. En los niveles 670, 630, 490 y 440, se muestra una reducción de la longitud del clavo mineralizado; en este final, el clavo mineralizado se vio reducido considerablemente a 0.2 mts en algunos tramos. De la misma forma que la veta Hadas se realizó la preparación en explotación en el Nv 300. (9)

Figura N° 6: Plano de ubicación de la zona de Hadas.



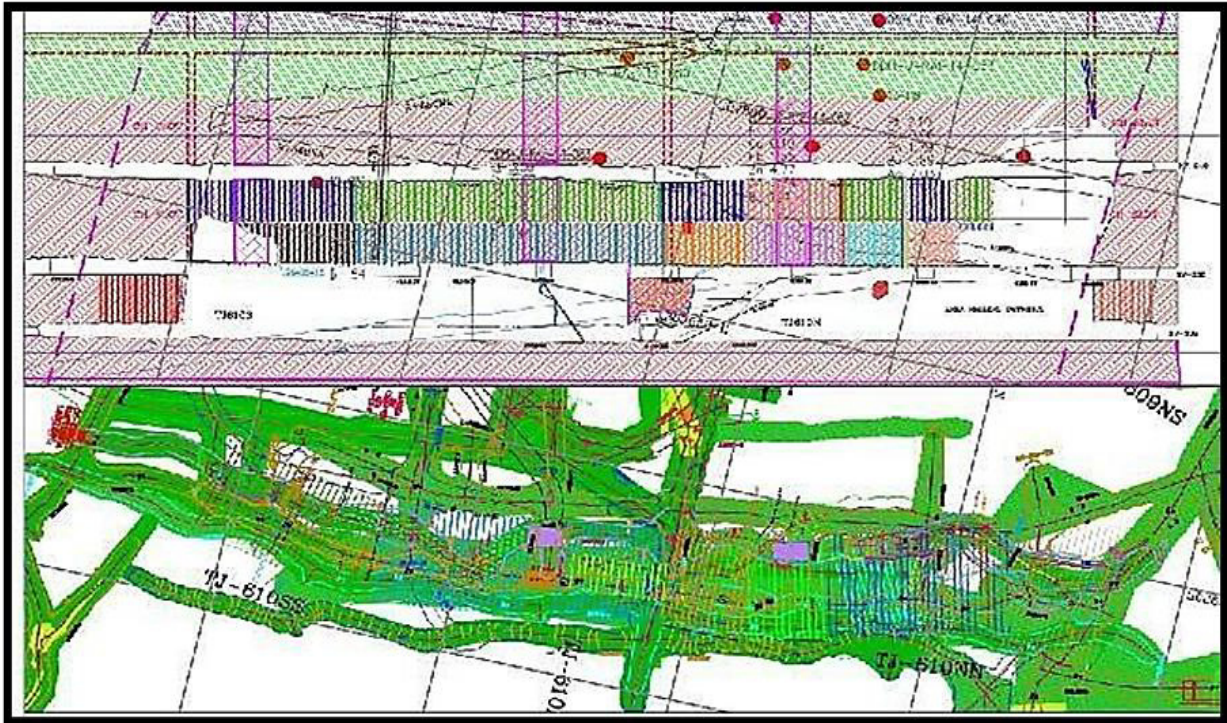
Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Raura.

## 2.4.2. GEOMECÁNICA DE LA ZONA HADAS POR ESTRUCTURA

### a. DISEÑO GEOMECÁNICO DEL TJ610 VANESSA

Según los parámetros geomecánicos, nos indica que en la zona de estudio tienen una cierta variación en la zona encajonante, como se puede verificar en la clasificación de Bienawski presenta un RMR de 55-60, la cual tiene correspondencia en un tipo de roca IIIA, de la misma forma corresponde en Barton un Q de 6.42 que corresponde a una roca regular. En la zona mineralizada, se presenta como una roca IIIA y, por consecuencia, en la clasificación de Barton un Q de 2.43.

Figura N° 7: Distribución de pilares y etapas de minado de la veta Vanessa del nv200 al nv300.



Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

- **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE ABERTURAS POR TALADROS LARGOS**

Para desarrollar el análisis de la geometría de la excavación, se toma en consideración la metodología de Mathews (1981) en donde hace una incorporación entre una relación de estabilidad del macizo rocoso y el tamaño/forma de la excavación expuesta.

Dicho procedimiento consiste en dimensionar los tajeos aplicando el método gráfico de estabilidad en donde se fundamenta los cálculos de los siguientes parámetros:

- Número de estabilidad (N').
- Radio hidráulico (RH).

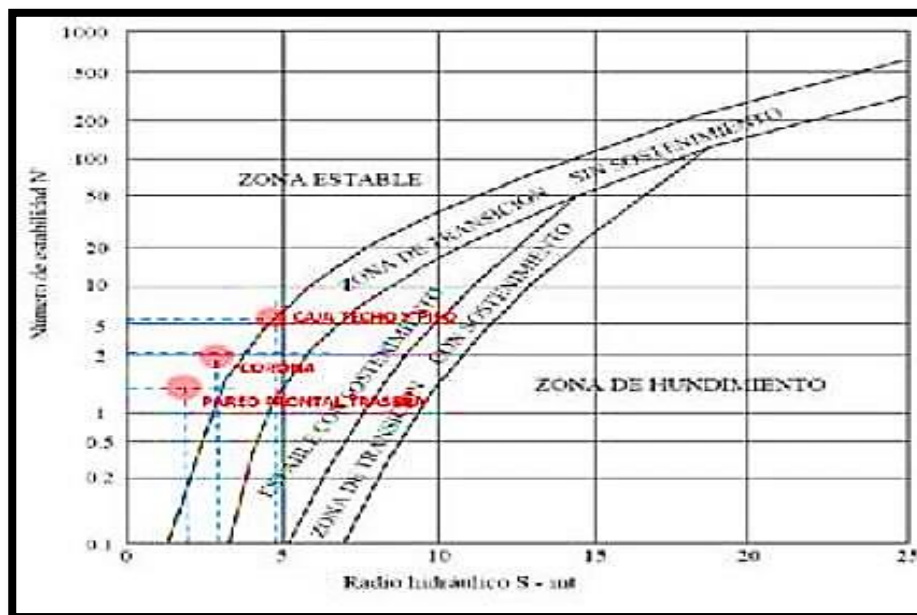
Tabla N° 3: Distribución de pilares y etapas de minado de la veta Vanesa del NV200 al NV300.

|                |                        | Q'  | A    | B    | C    | N   | RH  |
|----------------|------------------------|-----|------|------|------|-----|-----|
| Tj. 610 VANESA | CORONA                 | 3.5 | 0.1  | 0.97 | 5.83 | 2   | 3.2 |
|                | CAJA TECHO             | 3.5 | 0.33 | 0.8  | 6.45 | 5.9 | 4.9 |
|                | PARED FRONTAL /TRASERA | 3.5 | 0.1  | 0.5  | 8    | 1.4 | 2.9 |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL MÉTODO GRÁFICO DE ESTABILIDAD.

Figura N° 8: Forma geométrica de los espacios vacíos para su análisis de estabilidad, etapa 2.



Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

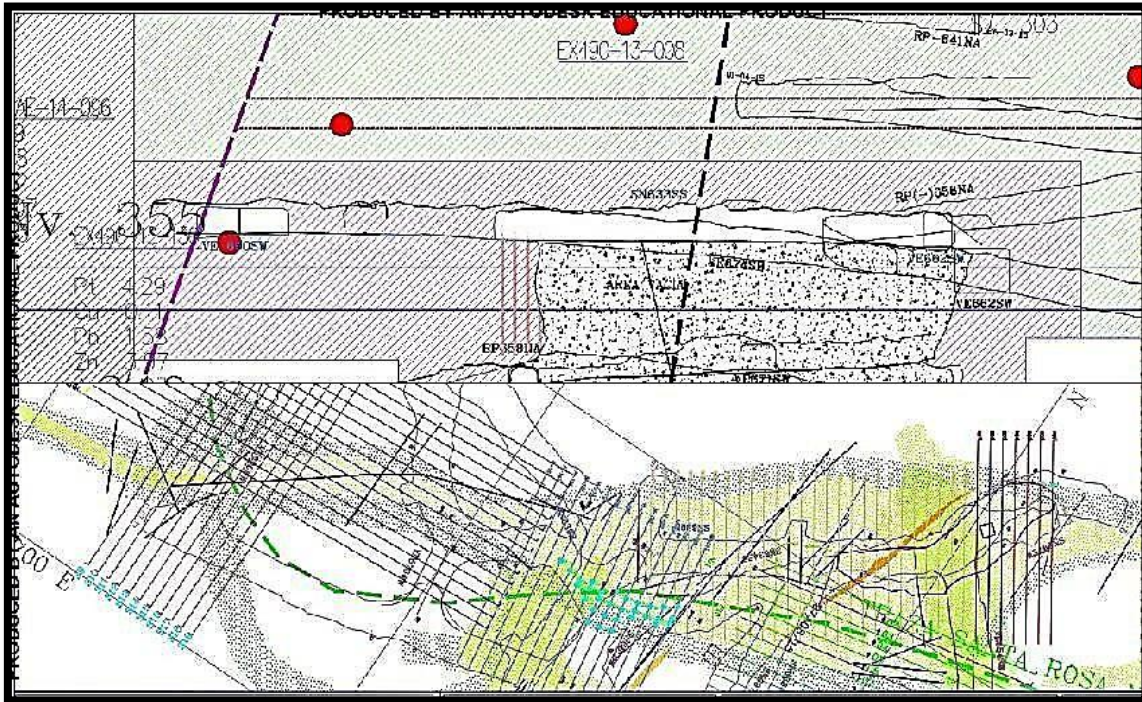
**b. DISEÑO GEOMECÁNICO TJ658 SANTA ROSA**

Según los parámetros geomecánicos, en la zona encajonante tiene una variación con respecto a la zona mineralizada; presenta una roca tipo IIIA con un RMR de 53 a 55, de la misma forma en la clasificación de Barton



corresponde un Q de 2.72 a 3,40 y un GSI (muy fracturada a regular). Según Bienawski, la zona mineralizada tiene un RMR de 41 a 45, con un índice de Q que corresponde a 0.71 a 1.11 y un GSI de muy fracturado a regular. En la figura, se muestra la zona con diseño geomecánico.

Figura N° 9: Zonificación Geomecánica TJ658NS – Santa Rosa.



Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

- **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE ABERTURAS POR TALADROS LARGOS:**

Se utilizó el método de Mathews (1981) para realizar el análisis de la geometría de la excavación, quien correlaciona la estabilidad del macizo rocoso y el tamaño/forma de la excavación expuesta. Dicho proceso se realiza aplicando el método gráfico de estabilidad para dimensionar los tajeos en donde se muestra el cálculo de los siguientes parámetros:

- Número de estabilidad (N').
- Radio hidráulico (RH).

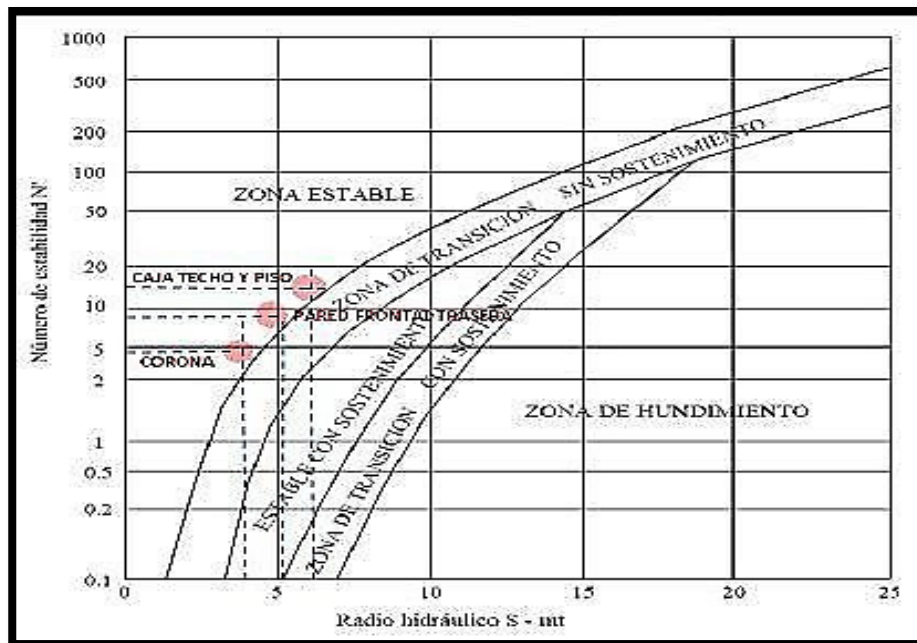
Tabla N° 4: Resumen de los parámetros geomecánicos de diseño.

|                          |                              | Q'   | A    | B    | C    | N    | RH  |
|--------------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|-----|
| Tj. 658<br>SANTA<br>ROSA | CORONA                       | 8.25 | 0.17 | 0.94 | 3.71 | 4.8  | 4.5 |
|                          | CAJA<br>TECHO                | 8.25 | 0.35 | 0.8  | 6.45 | 14.8 | 6.9 |
|                          | PARED<br>FRONTAL<br>/TRASERA | 8.25 | 0.17 | 0.91 | 6.4  | 8    | 5.5 |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL MÉTODO GRÁFICO DE ESTABILIDAD.

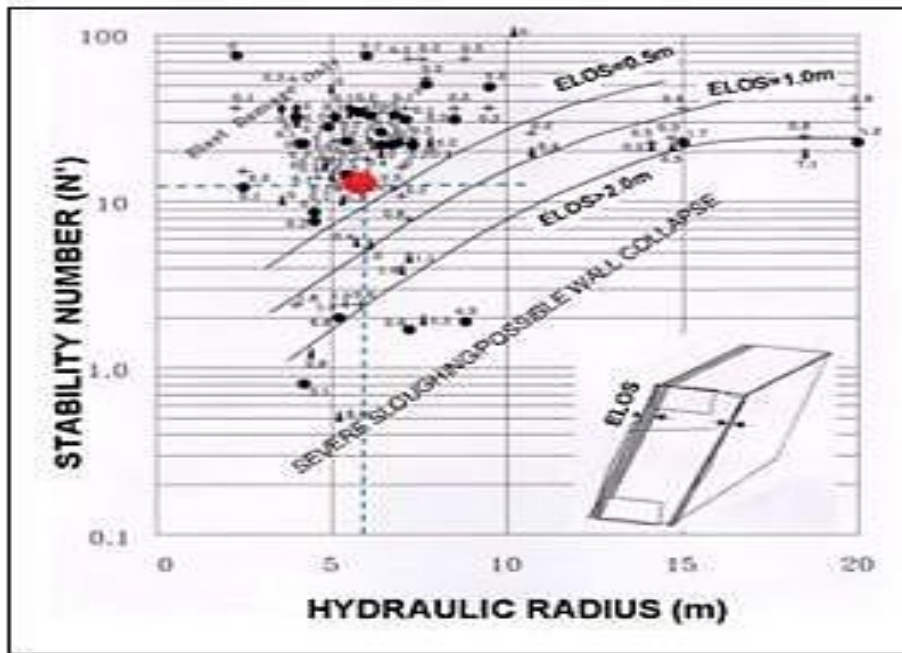
Figura N° 10: Análisis de estabilidad para techo, corona, pared frontal/ trasera.



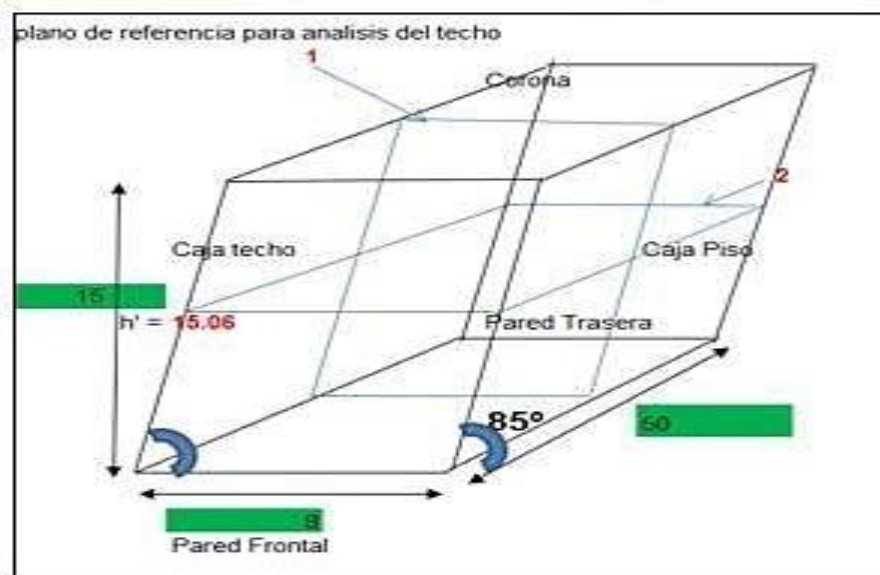
Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

Lo que se recomienda con respecto a las dimensiones de ancho es 8 m ,50m de largo y 15 m de altura; las cajas (techo y piso) nos enseñan una inestabilidad intermedia, demostrando así una probabilidad de desencaje menor de 0.5 (ELOS).

Figura N° 11: Estimación sobre la rotura y el cuadro de dimensionamiento.



| ESTRUCTURA | M. EXPLOR | CAJATECHO | CAJA PISO | DIL ELOS | A. VETA | %DILUCIÓN |
|------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------|-----------|
| SANT ROSA  | T. LARGOS | 0.25      | 0.25      | 0.50     | 6.97    | 7%        |



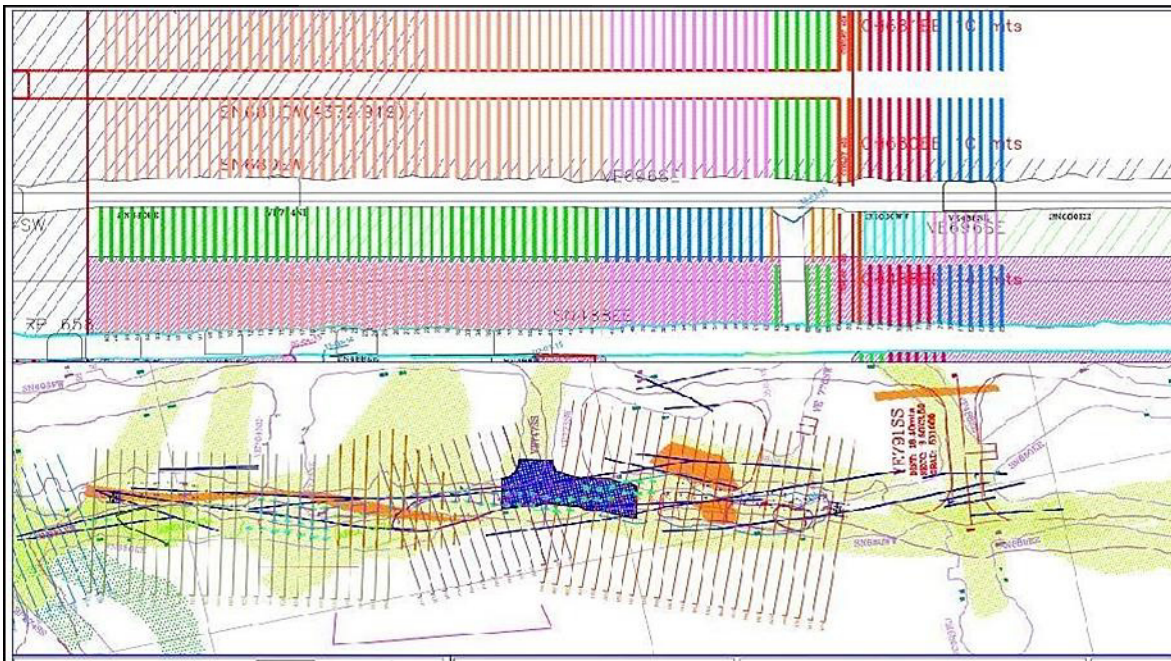
Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

En la tabla, se observa el resumen de la condición actual del tajo Santa Rosa con 8m de ancho, 50 m de largo y 15 m de altura. Con esas dimensiones mostradas el tajo Santa Rosa se deduce que se encuentra estable con una cierta probabilidad de desencajes de 0.25m en las cajas por efecto del relajamiento por causa del espacio vacío.

### c. DISEÑO GEOMECÁNICO TJ 488 CPO KAROL

Los parámetros geomecánicos nos indican que la zona de estudio tiene cierta variación de la zona encajonante a la zona mineralizada en donde tienen presencia rocas de tipo III A con un RMR de 56, de la cual corresponde un Q de Barton de 3.79 y un GSI con datos de muy fracturada a regular. Dicho esto, en la zona mineralizada según Bienawski tiene un RMR de 45, la cual corresponde al Q de Barton de 1.12 y un GSI de muy fracturado regular a pobre y por presencia de fallas en el terreno presenta terrenos tipo IVB.

Figura N° 12: Zonificación Geomecánica TJ488EW – Karol.



Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

- **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE ABERTURAS POR TALADROS LARGOS**

Se utilizó el método de Mathews (1981) para realizar el análisis de la geometría de la excavación, quien correlaciona la estabilidad del macizo rocoso y el tamaño/forma de la excavación expuesta. Dicho proceso se realiza aplicando el método gráfico de estabilidad para dimensionar los tajeos en donde se muestra el cálculo de los siguientes parámetros:

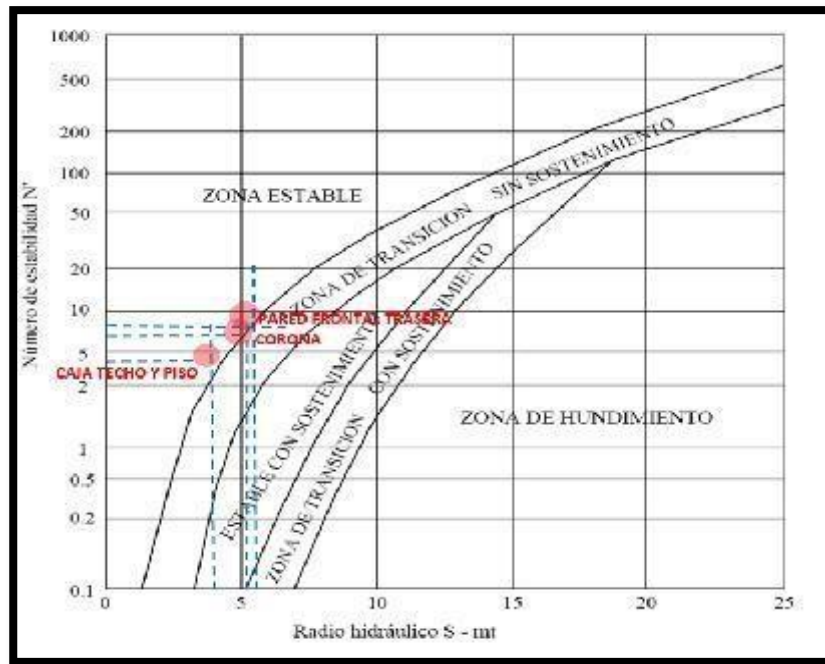
- Número de estabilidad (N').
- Radio hidráulico (RH).

**Tabla N° 5: En el cuadro se muestra el resumen de los parámetros geomecánicos de diseño.**

|                                   |                              | <b>Q'</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>N</b> | <b>RH</b> |
|-----------------------------------|------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Tj. 658<br/>SANTA<br/>ROSA</b> | CORONA                       | 6.82      | 0.17     | 0.94     | 6.7      | 7.3      | 5.3       |
|                                   | CAJA<br>TECHO                | 6.82      | 0.34     | 0.28     | 6.96     | 4.6      | 4.5       |
|                                   | PARED<br>FRONTAL<br>/TRASERA | 6.82      | 0.17     | 0.94     | 8        | 8.7      | 5.7       |

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

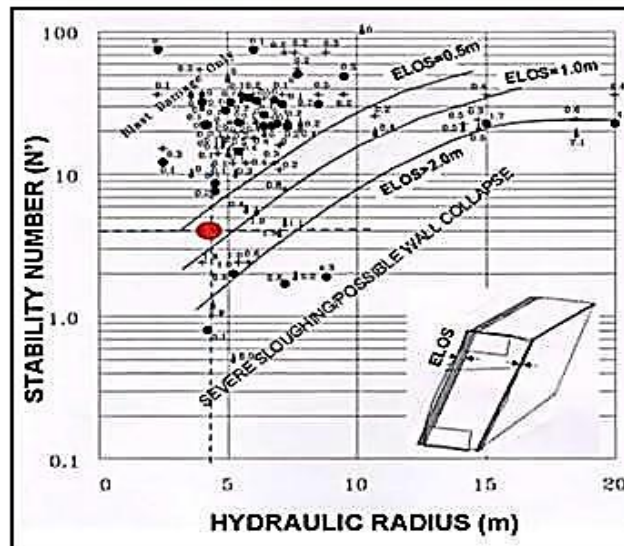
Figura N° 13: Análisis de estabilidad por el Método Gráfico de Estabilidad.



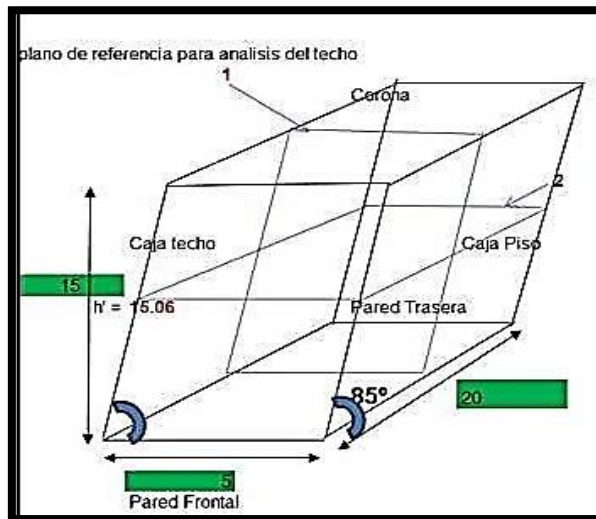
Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

Figura N° 14: Estimación sobre la rotura y el cuadro de dimensionamiento.

Estimación se la sobrerotura equivalente -



| ESTRUCTURA | M. DE EXPLOT | CAJA TECHO | CAJA PISO | DIL ELOS | A. VETA | %DILUCIÓN |
|------------|--------------|------------|-----------|----------|---------|-----------|
| KAROL      | T.LARGOS     | 0.60       | 0.60      | 1.20     | 2.01    | 37%       |



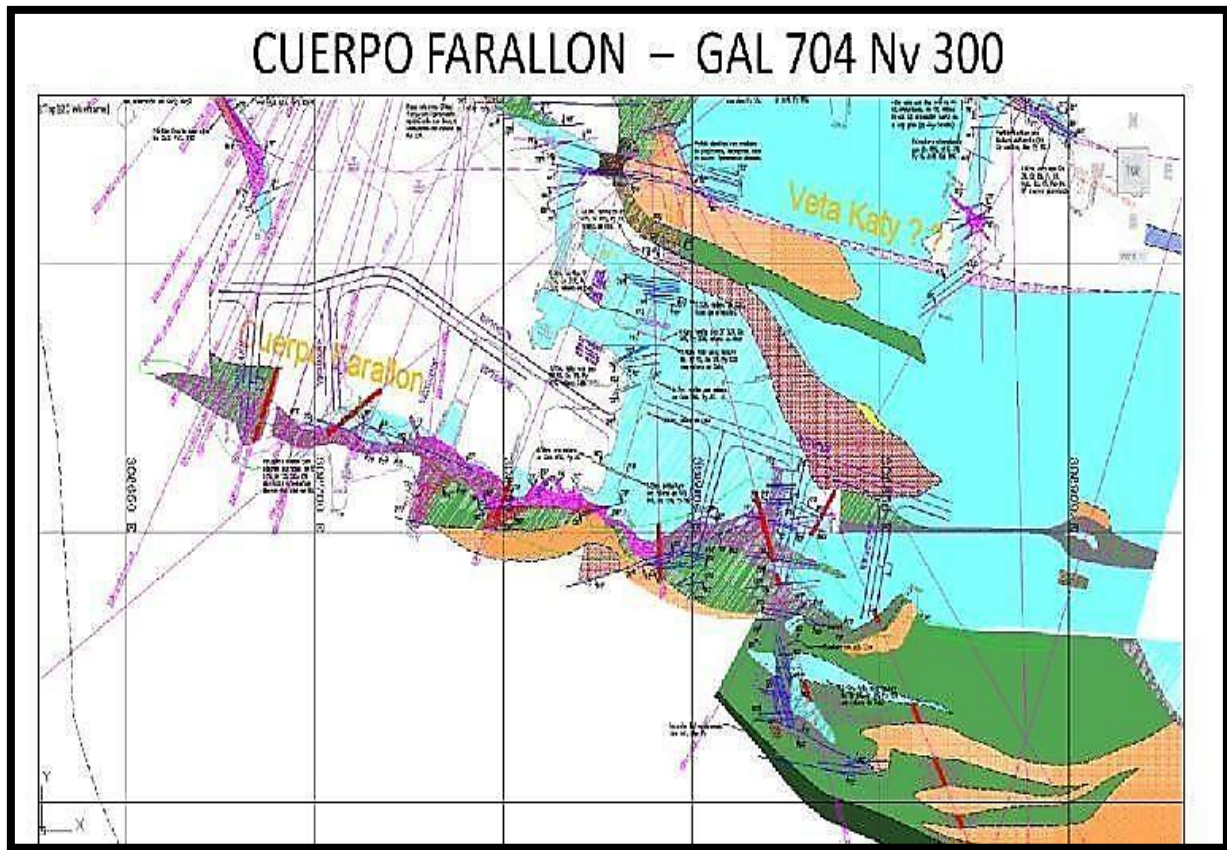
Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

Se recomienda las siguientes dimensiones: 5m de ancho, 20m de largo y 15m de altura. Analizando los datos, se puede observar que las cajas y techo muestran una inestabilidad intermedia con la probabilidad de desencaje menor a 0.5, la cual es muy probable que incremente por el tiempo de exposición al no rellenarse debidamente.

#### d. DISEÑO GEOMECÁNICO TJ750 - CPO FARALLÓN

En la zona del Farallón, la mineralización tiene contacto con el mármol y el ramal de la veta Karol con dirección al lado noreste y al suroeste tiene contacto con el pórfido e intrusivo y está limitado con dirección sureste por el Skarn y tramos de pórfidos; la zona mineralizada en global donde tiene emplazado los minerales polimetálicos tiene presencia de espejos de falla con rumbo SE-NW como se observa en la imagen.

Figura N° 15: Cuerpo Farallón.



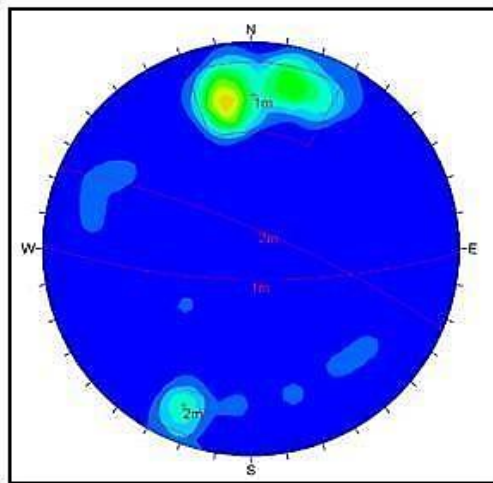
Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

- **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL**

El análisis de la zona Farallón nos muestra que tiene 2 sistemas definidos de fallamientos: el primero con orientación EW, teniendo como buzamiento y dirección de buzamiento (DIP/DIP DIRECCIÓN) de 73°/181°; el segundo con orientación NW-SE, con DIP/DIP DIRECCIÓN de 79°/23°, se muestra las direcciones y orientaciones de los sistemas de fallas.



Figura N° 16: Direcciones y orientaciones de los sistemas de fallas.



ORIENTACION  
M1: (DIP/DIP-DIR) = 73°/181°  
M2: (DIP/DIP-DIR) = 79°/ 23°

Fuente: Departamento de Geomecánica de la Unidad Minera Raura.

En la zona de aplicación, se muestra el siguiente aspecto geomecánico en donde conforma, desde la zona encajonante hasta la zona mineralizada, una roca de tipo IIIA con un RMR de 56, la incidencia según Barton es de un Q de 3.79 y un GSI de MF/R (muy fracturada regular).

En la sección mineralizada tienen presencia una calidad de roca según Bienawski RMR de 36 – 45 y un GSI de MF/R-P (muy fracturado regular a pobre); de esta manera, por la observación de fallas en el terreno presenta localmente un tipo de roca IVB.

- **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA EXCAVACIÓN POR MATHEWS (1981)**

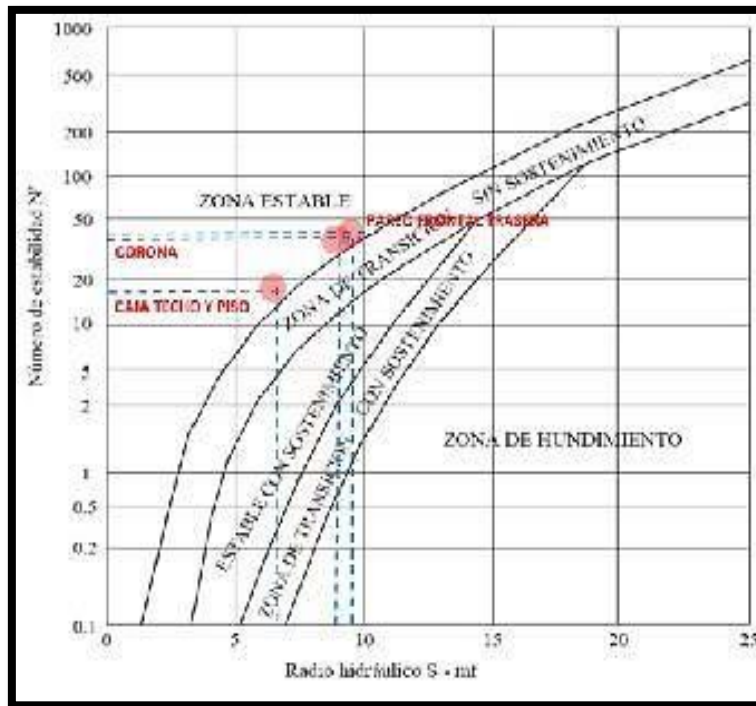
Se utilizó el método de Mathews (1981) para realizar el análisis de la geometría de la excavación, quien correlaciona la estabilidad del macizo rocoso y el tamaño/forma de la excavación expuesta. Dicho proceso se realiza aplicando el método gráfico de estabilidad para dimensionar los tajeos en donde se muestra el cálculo de los siguientes parámetros:

Tabla N° 6: En el cuadro se muestra el resumen de los parámetros geomecánicos de diseño.

|               |                        | Q'   | A    | B    | C    | N    | RH  |
|---------------|------------------------|------|------|------|------|------|-----|
| CUERPO MARGOT | CORONA                 | 8.75 | 0.68 | 0.96 | 5.94 | 34   | 9.5 |
|               | CAJA TECHO             | 8.75 | 0.38 | 0.8  | 6.96 | 18.3 | 7.5 |
|               | PARED FRONTAL /TRASERA | 8.75 | 0.68 | 0.8  | 8    | 38.4 | 9.9 |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

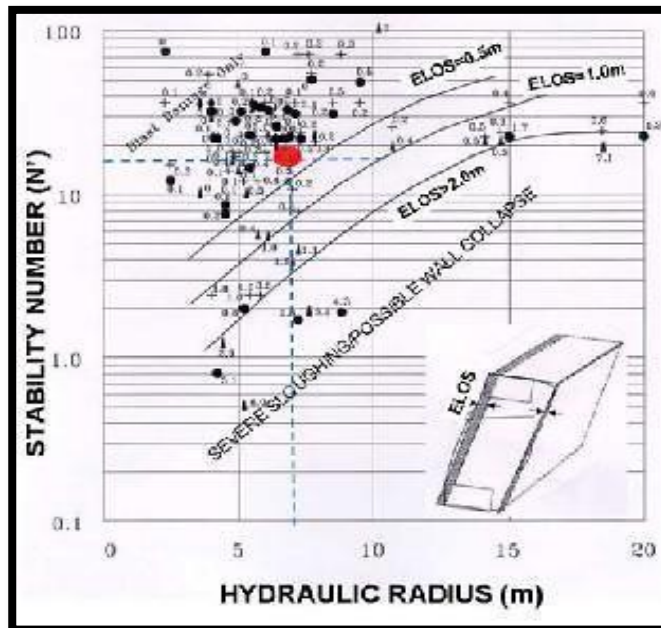
Figura N° 17: Análisis de estabilidad por el Método Gráfico de Estabilidad.



| ESTRUCTURA | M. DE EXPLOT | CJ.TECHO | CJ.PISO | DIL ELOS | A.VETA | %DILUCIÓN |
|------------|--------------|----------|---------|----------|--------|-----------|
| MARGOT     | T. LARGOS    | 0.25     | 0.25    | 0.50     | 8.54   | 6%        |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

Figura N° 18: Estimación de la sobre rotura equivalente – ELOS.

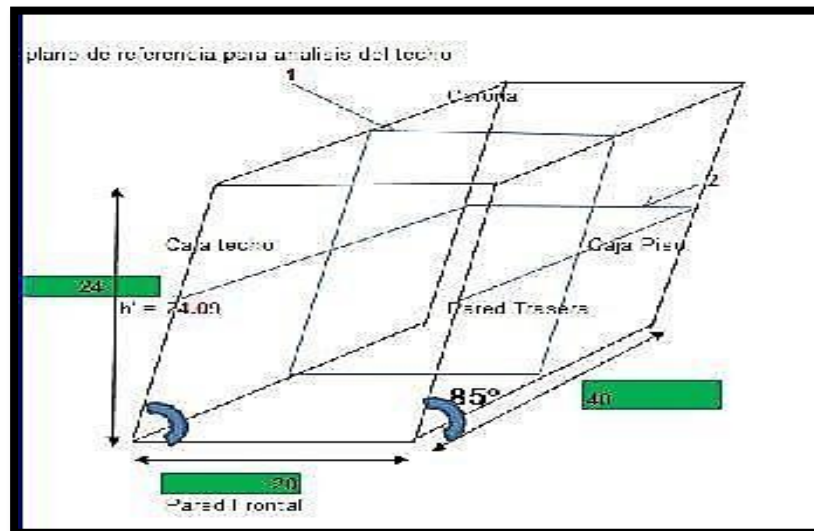


Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

**Las dimensiones recomendadas son las siguientes:**

24m de altura, 40m de largo y 20m de ancho; las cajas (techo y piso) manifiestan que son inestables a nivel intermedio teniendo así la probabilidad de descaje de 0.25m (ELOS). Dicha probabilidad tiende a incrementarse por el periodo que está expuesto al no rellenarse de manera adecuada.

Figura N° 19: Dimensionamiento del minado.



Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

## 2.5. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN

La implementación de los métodos de explotación siempre está en concordancia con cómo se presenta la estructura mineralizada, también de acuerdo a la calidad del macizo rocoso, los métodos de explotación de corte y relleno ascendente y el de taladros largos. Para este caso, en la Compañía Minera Raura, debido al alza de precios de los metales, se está dando mayor énfasis a los métodos de explotación de mayor tonelaje y de menores costos de producción; es por eso que se están mudando a métodos de explotación de mayor producción como el método de minado por taladros largos. Ya en tiempos actuales se viene operando en las distintas zonas como en la sección Hadas, esto incluye a los cuerpos que se encuentran dentro de la sección Hadas como el cuerpo Santa Rosa, cuerpo Vanessa, cuerpo Farallón y cuerpo Karol; se puede decir también que, para la estimación de las reservas a diciembre del año 2017, las estructuras donde la explotación era por métodos convencionales en vetas se ha evaluado por métodos de taladros largos en vetas angostas.

A inicios del año 2016, se mecanizó la mina en su totalidad; eso quiere decir al 100% y, para el año 2018, el método de explotación de corte y relleno ascendente mecanizado (21% respecto al mineral extraído) y el método de taladros largos (68% respecto al mineral extraído) y en avance se tiene (11 % respecto al mineral extraído);dicho esto, para el año 2019, se toma en cuenta solo los métodos de explotación por taladros largos: Sublevel

Stoping longitudinal con una incidencia de 73%, C&R mecanizado con una incidencia de 12% y avances con una incidencia de 15%.

En el año 2018, se ha obtenido un total de 944,570 toneladas reales obtenidas al 100% por los dos métodos de explotación; con respecto al año 2019, se tiene presupuestado un total de 988,949 toneladas indicándonos así que la producción va a tener una mejora.

**Tabla N° 7: Producción por Método de Explotación.**

| MÉTODO                                | REAL 2018      | %           | PSP 2019       | %           |
|---------------------------------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| Corte y Relleno Ascendente Mecanizado | 204,410        | 21%         | 111,627        | 12%         |
| Sub Level Stoping Longitudinal        | 644,160        | 68%         | 729,339        | 73%         |
| Avances                               | 96,000         | 11%         | 147,982        | 15%         |
| <b>TOTAL RAURA</b>                    | <b>944,570</b> | <b>100%</b> | <b>988,949</b> | <b>100%</b> |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

### 2.5.1. MÉTODO TALADROS LARGOS

Este tipo de método de explotación se usa en yacimientos de tipo “cuerpos”, en donde la variante que más se emplea es el hundimiento de subniveles con taladros largos. Dichas labores de preparación están constituidas por dos subniveles de preparación sobre estructura y puentes con medida de 10 a 12 metros de altura; también cuenta con una chimenea slot que tiene como función la cara libre de explotación y ventilación de los subniveles. Este tipo de perforaciones se llevan a cabo con equipos simbas, las perforaciones tienden a ser tanto negativas como positivas o en otros casos en abanico.

En la voladura tiende a desarrollarse en retirada y la limpieza se realiza con equipos como los scoops diésel con telemando.

La preparación para este método de explotación consiste en la creación de un nivel de extracción paralelo a la estructura mineralizada llamada también galería, por lo general de 20 a 25 m de distancia de la estructura; todo esto depende del estudio geomecánico, partiendo de esto se realiza la construcción de cortadas o ventanas con dirección a la estructura que nos permitan el acceso a la veta o cuerpo

mineralizado con espacio de hastial a hastial de 25 m y a su vez se construye un refugio para el operador del scoop con telemando a 8 m de la zona mineralizada.

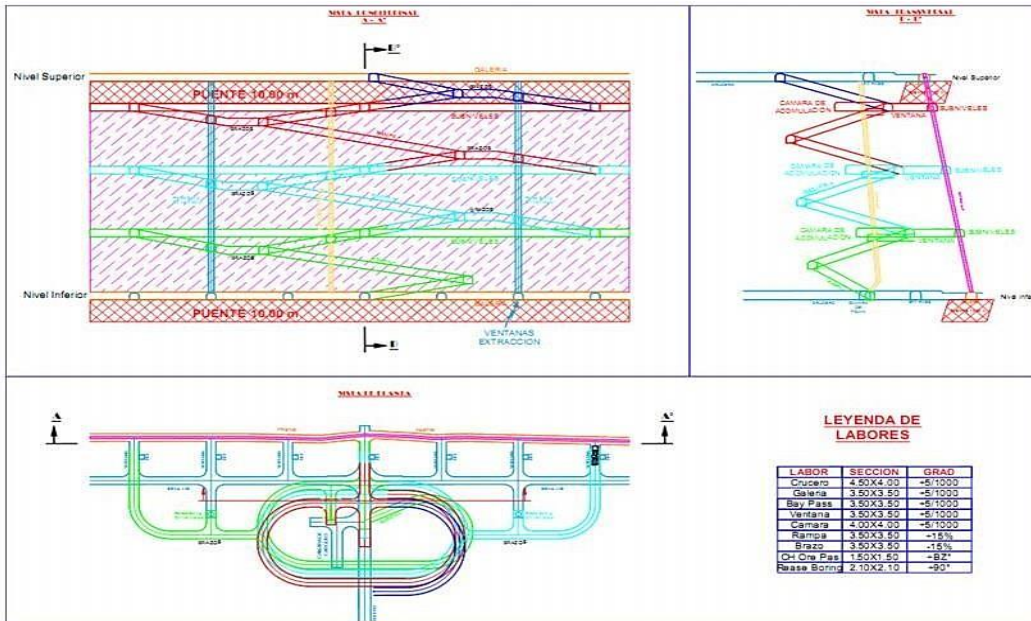
El tajo en donde se ha realizado la explotación con taladros largos se encuentra con un RB de ventilación y también chimeneas de servicios teniendo así el objetivo de optimizar y asegurar la operación tanto en la preparación y explotación.

Se realiza la construcción de una rampa de preparación para así poder ingresar con ventas y así efectuar los subniveles de explotación.

Rampa Sección 3.50X3.50; la construcción de esta rampa con esta sección es operativa, ya que es solo de acceso de scoop y/o dumper; conforme se va construyendo la rampa, se va realizando la construcción de una chimenea que servirá de echadero para la evacuación del desmonte y/o mineral (avance de los subniveles) y posteriormente sea ore pass para la evacuación del mineral de explotación.

Rampa Sección 4.50X4.00 la construcción de esta rampa con esta sección es de acceso principal de nivel a nivel y es para tránsito de volquetes; conforme se va construyendo la rampa, se va realizando la construcción de cámara de carguío para la evacuación del desmonte y/o mineral (avance de los subniveles) y para la evacuación del mineral de explotación.

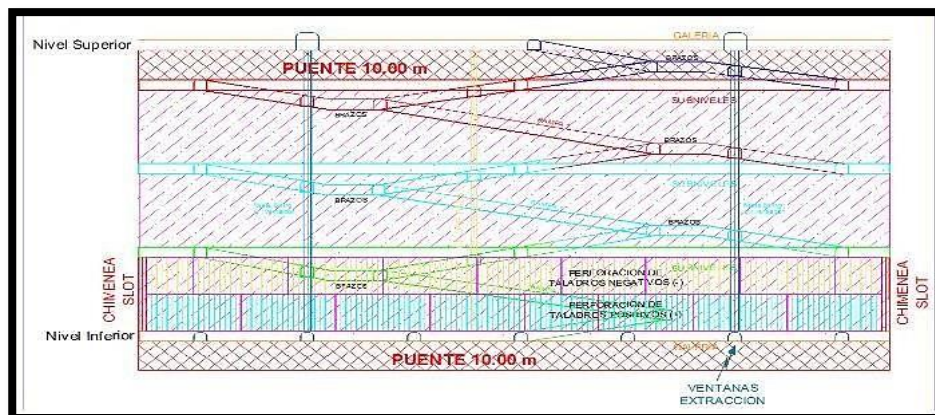
Figura N° 20: Muestra una vista isométrica del “sublevel stoping”.



Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

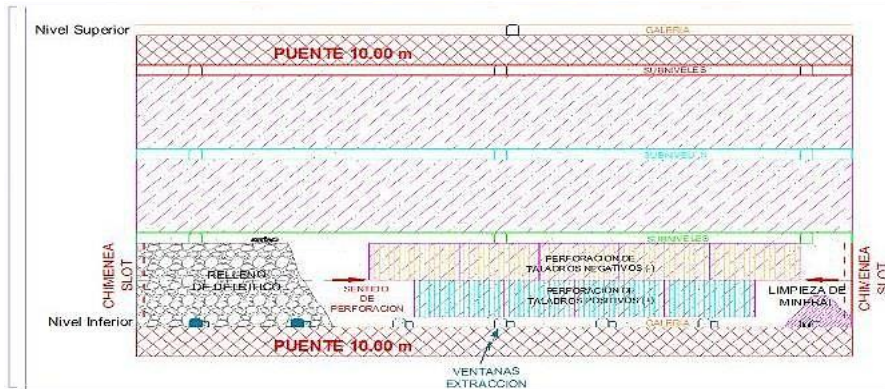
Uno de los inconvenientes al aplicar este método es que la recuperación y la selectividad es mínima con respecto a otros métodos de minado; en consecuencia, para que el aporte de mineral se dé lo más rápido posible se prioriza el avance de preparación. Las figuras 32, 33 y 34 nos enseñan la secuencia de minado con taladros largos.

Figura N° 21: Vistas Longitudinal Secuencia 1 de explotación “sublevel stoping”.



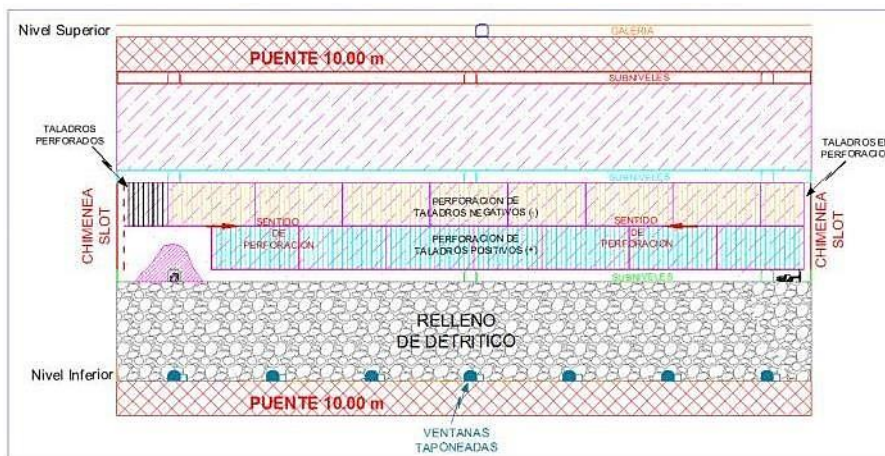
Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

**Figura N° 22: Vistas Longitudinal Secuencia 2 de Explotación “sublevel stopping”.**



**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

**Figura N° 23: Vistas Longitudinal Secuencia 2 de Explotación “sublevel stopping”.**



**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**



Figura N° 24: Diagrama de flujo del método de explotación “sublevel stoping”.

DIAGRAMA DE FLUJO DE EXPLOTACIÓN POR EL MÉTODO TALADROS LARGOS



Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

## **2.5.2. MÉTODO “CUT AND FILL” O CORTE Y RELLENO ASCENDENTE**

Por otro lado, el método de Corte y Relleno ascendente (Cut & Fill), en la mina Raura, es utilizado cuando las condiciones geomecánicas de calidad son de regular y mala calidad; típicamente, es un método de baja capacidad de producción, principalmente por el empleo de perforación de taladros horizontales cortos o perforación de tipo breasting. Las desventajas y riesgos inherentes de este método son los siguientes: el método es dependiente del uso de relleno, ya que cumple la función de piso de trabajo para el minado del corte horizontal que se realiza, solo permite cortes de minado horizontales de alturas de 4 a 5 m en breasting, en cada corte de mineral se debe realizar trabajos de sostenimiento a fin de garantizar la estabilidad y seguridad del personal y equipos, por lo que durante el minado de un block se producen ciclos repetitivos de acarreo, limpieza de mineral y sostenimiento para cada corte.

El material del relleno puede ser de roca estéril proveniente de las labores de preparación, exploración y desarrollo en la mina; en la práctica moderna del corte y relleno es común usar el relleno hidráulico, este material procede de los relaves de la planta concentradora, mezclado con agua y transportado a la mina a través de tuberías impulsado por bombas de alta presión. (9)

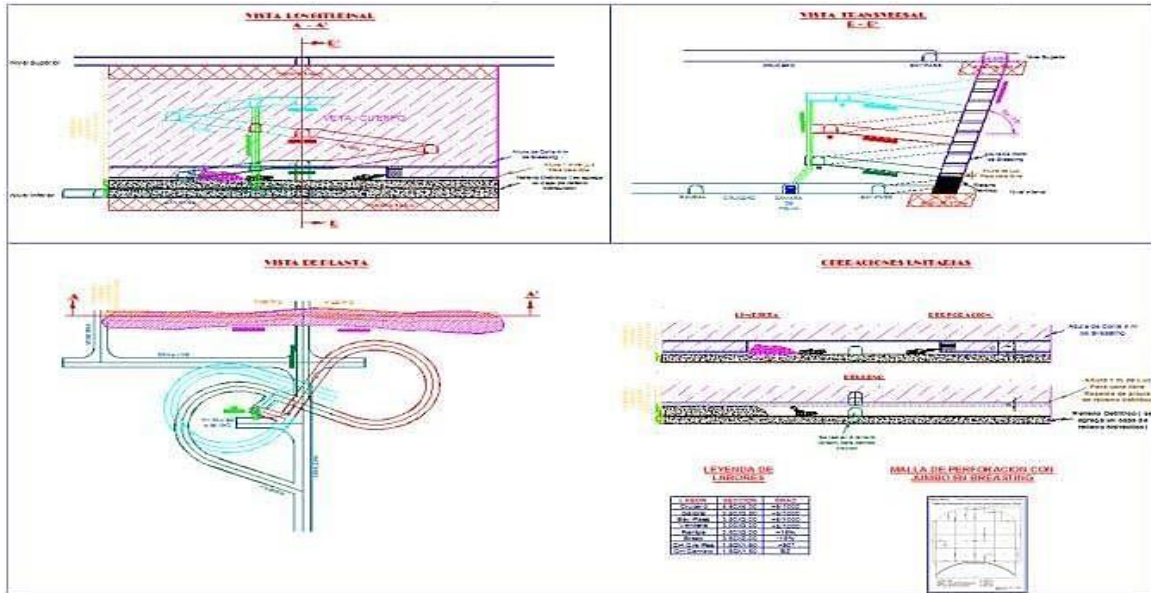
La explotación de corte y relleno ascendente puede utilizarse en yacimientos que presenten las siguientes características:

- Fuerte buzamiento ( $>55^\circ$ )
- Las cajas del yacimiento pueden ser irregulares y no competentes
- El mineral debe tener buena ley.
- Disponibilidad de material de relleno.
- Límites regulares del yacimiento
- En cualquier depósito y terreno. (9)

El material es arrancado en forma de tajadas de manera que se asemeja a bancos o gradas invertidas, en secciones grandes del techo pueden dispararse sin interrupciones. (9)

El ciclo de minado consiste en perforación, voladura, sostenimiento, acarreo y transporte, relleno. La información proporcionada por Raura incluye variantes del método de Corte y Relleno en su etapa de limpieza o acarreo de mineral.

**Figura N° 25: Método de Explotación Corte y Relleno Ascendente Mecanizado (Breasting).**



Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

## 2.6. EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA TIPO LOM DE LA UNIDAD MINERA RAURA

### 2.6.1. RECURSOS MINERALES POR SECTORES

Los recursos medidos e indicados consideran los sectores de Catuva, Esperanza, Gayco y Hadas, siendo este último el que representa la mayor importancia en la unidad minera Raura.

**Tabla N° 8: Recursos Minerales por Sectores.**

| CERTEZA               | SECCION   | TMS_RECURSOS      | A.V.         | Cu%         | Pb%         | Zn%         | AgOz        | US\$       |
|-----------------------|-----------|-------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| <b>MEDIDO</b>         | CATUVA    | 186,100           | 5.14         | 0.93        | 0.75        | 1.49        | 2.58        | 88         |
|                       | ESPERANZA | 309,800           | 1.46         | 0.50        | 1.94        | 3.45        | 5.42        | 181        |
|                       | GAYCO     | 15,800            | 1.58         | 1.50        | 4.80        | 7.33        | 13.67       | 430        |
|                       | HADAS     | 4,662,500         | 31.28        | 0.23        | 2.29        | 5.35        | 2.59        | 188        |
| <b>Total MEDIDO</b>   |           | <b>5,174,200</b>  | <b>28.46</b> | <b>0.27</b> | <b>2.22</b> | <b>5.11</b> | <b>2.79</b> | <b>185</b> |
| <b>INDICADO</b>       | CATUVA    | 159,700           | 4.53         | 0.80        | 1.34        | 2.41        | 3.16        | 124        |
|                       | ESPERANZA | 166,100           | 1.18         | 0.48        | 1.95        | 3.25        | 5.22        | 175        |
|                       | GAYCO     | 13,900            | 2.08         | 1.26        | 3.83        | 7.83        | 14.63       | 432        |
|                       | HADAS     | 3,516,200         | 11.68        | 0.22        | 1.62        | 4.04        | 2.31        | 145        |
| <b>Total INDICADO</b> |           | <b>3,855,900</b>  | <b>10.89</b> | <b>0.26</b> | <b>1.63</b> | <b>3.96</b> | <b>2.52</b> | <b>147</b> |
| <b>INFERIDO</b>       | ABRA      | 23,700            | 2.65         | 1.01        | 0.47        | 2.06        | 2.14        | 90         |
|                       | CATUVA    | 413,800           | 3.38         | 0.32        | 1.45        | 3.77        | 3.15        | 148        |
|                       | ESPERANZA | 446,200           | 1.36         | 0.49        | 2.23        | 3.62        | 5.48        | 191        |
|                       | GAYCO     | 5,200             | 1.92         | 1.19        | 4.49        | 8.42        | 14.98       | 460        |
| <b>Total INFERIDO</b> |           | <b>15,478,100</b> | <b>14.87</b> | <b>0.35</b> | <b>1.37</b> | <b>6.54</b> | <b>2.16</b> | <b>192</b> |
| <b>Total general</b>  |           | <b>25,397,100</b> | <b>16.60</b> | <b>0.32</b> | <b>1.60</b> | <b>5.76</b> | <b>2.42</b> | <b>183</b> |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

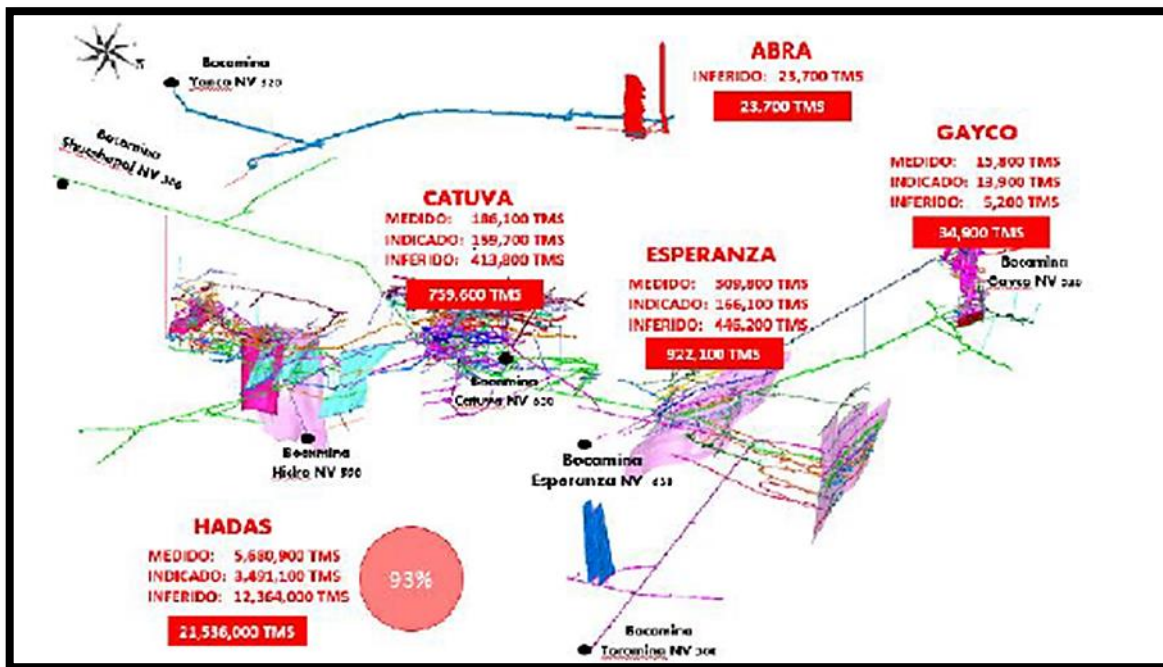
## 2.6.2. RESERVAS MINERALES

Las reservas de las diferentes estructuras mineralizadas en la unidad minera Raura, actualizadas durante el periodo 2019, consideran reservas probadas de 2'673, 704 toneladas con leyes de Cu 0.22%, Pb 2.22%, Zn 5.05% y Ag 2.65 Oz, con un valor de mineral US \$ 159 por tonelada y una dilución programada de 0.15%.

Así mismo, se considera las reservas probables en 2'967,767 toneladas con leyes de Cu 0.23%, Pb 1.70%, Zn 4.17% y Ag 2.60 Oz, con un valor de mineral US \$ 134 por tonelada y una dilución programada de 0.11%.

Las reservas totales de la unidad minera Raura, considerando las probadas y probables, consideran un tonelaje total de 5'641,470 toneladas con leyes promedio de Cu 0.22%, Pb 1.950%, Zn 4.59% y Ag 2.62 Oz, con un valor de mineral US \$ 146 por tonelada y una dilución programada de 0.13%.

Figura N° 26: Reservas Minerales por Sectores, unidad minera Raura.



Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Raura.

Tabla N° 9: Resumen de Reservas Minerales por Estructuras.

| CATEG                         | AZONE                        | (t)              | Dil %       | %Cu         | %Pb         | %Zn         | Oz_Ag       | VM \$      |
|-------------------------------|------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Reserva Probada               | BREKA                        | 678,982          | 0.20        | 0.32        | 2.36        | 6.99        | 1.96        | 189        |
|                               | CPO VANESSA                  | 417,912          | 0.10        | 0.12        | 1.29        | 5.35        | 4.22        | 165        |
|                               | CPO HADAS-1                  | 346,333          | 0.15        | 0.10        | 0.87        | 3.48        | 2.04        | 100        |
|                               | VETA_KAROL 1                 | 230,659          | -           | 0.22        | 3.92        | 6.58        | 2.73        | 216        |
|                               | VETAS HADAS 4                | 113,724          | 0.17        | 0.05        | 4.44        | 2.53        | 1.70        | 139        |
|                               | CPO MARGOT                   | 111,125          | 0.07        | 0.31        | 1.84        | 2.86        | 3.40        | 123        |
|                               | RAMAL_FARALLON               | 106,085          | 0.04        | 0.14        | 2.65        | 5.38        | 1.53        | 159        |
|                               | CPO_FARALLON                 | 100,877          | 0.21        | 0.14        | 1.21        | 3.64        | 1.18        | 100        |
|                               | CPO SANTA ROSA               | 96,378           | 0.07        | 0.23        | 2.75        | 5.91        | 1.84        | 174        |
|                               | VETA FLOR DE LOTO            | 74,468           | 0.21        | 0.48        | 1.64        | 2.34        | 4.02        | 119        |
|                               | VETA BRUNILDA TECHO          | 53,400           | 0.27        | 0.11        | 2.13        | 2.85        | 3.61        | 128        |
|                               | VETA_KAROL                   | 44,052           | 0.24        | 0.14        | 2.72        | 3.48        | 2.17        | 133        |
|                               | VETA BRUNILDA                | 42,081           | 0.23        | 0.06        | 3.70        | 2.53        | 1.57        | 126        |
|                               | CPO BRENDA                   | 36,744           | 0.05        | 0.20        | 4.42        | 6.42        | 1.93        | 212        |
|                               | VETA ESPERANZA               | 28,099           | 0.04        | 0.33        | 2.31        | 3.04        | 5.23        | 155        |
|                               | VETA SUSAN                   | 26,200           | 0.30        | 0.86        | 0.65        | 3.92        | 4.70        | 142        |
|                               | VETA GAYCO                   | 25,068           | 0.11        | 0.56        | 1.92        | 2.39        | 4.02        | 125        |
|                               | VETA KAREN                   | 18,900           | 0.16        | 0.18        | 1.66        | 7.63        | 1.66        | 184        |
|                               | CUERPO BALILLAS PISO         | 15,800           | 0.23        | 0.07        | 2.72        | 2.06        | 3.45        | 122        |
|                               | VETA TOROMINA NO.3           | 14,400           | 0.47        | 0.59        | 2.56        | 4.94        | 7.90        | 225        |
|                               | VETA LEAD HILL SUR           | 13,300           | 0.29        | 0.09        | 5.34        | 2.53        | 2.51        | 164        |
|                               | VETA TOROMINA NO.4           | 12,500           | 0.57        | 0.67        | 2.28        | 4.02        | 6.79        | 192        |
|                               | CUERPO BALILLAS TECHO        | 12,200           | 0.26        | 0.11        | 0.70        | 3.06        | 4.03        | 112        |
|                               | VETA 05                      | 9,000            | 0.39        | 0.01        | 4.71        | 0.27        | 1.42        | 100        |
|                               | VETA VERONICA                | 8,600            | 0.17        | 0.34        | 2.81        | 8.46        | 2.77        | 232        |
|                               | CPO KATY                     | 7,673            | 0.05        | 0.45        | 3.78        | 8.74        | 3.07        | 258        |
|                               | VETA PALOMA                  | 6,800            | 0.32        | 0.05        | 3.04        | 3.46        | 1.95        | 135        |
|                               | VETA NANCY                   | 5,600            | 0.31        | 0.24        | 2.12        | 3.61        | 4.47        | 152        |
|                               | CPO CATUVA                   | 3,945            | 0.66        | 0.70        | 0.51        | 2.05        | 3.60        | 92         |
|                               | VETA TORRE DE CRISTAL        | 3,900            | 0.40        | 0.19        | 1.83        | 1.80        | 4.20        | 112        |
| VETA LA COLORADA              | 3,800                        | 0.21             | 0.05        | 5.17        | 2.78        | 1.20        | 150         |            |
| CATUVA (CUERPO NIÑO PERDIDO)  | 2,600                        | 0.36             | 1.08        | 1.03        | 1.92        | 6.94        | 140         |            |
| VETA RUBI                     | 2,500                        | 0.21             | 0.35        | 11.83       | 13.76       | 6.98        | 525         |            |
| <b>Total Reserva Probada</b>  |                              | <b>2,673,704</b> | <b>0.15</b> | <b>0.22</b> | <b>2.22</b> | <b>5.05</b> | <b>2.65</b> | <b>159</b> |
| Reserva Probable              | CPO HADAS-1                  | 1,181,878        | 11%         | 0.17        | 1.01        | 4.30        | 2.06        | 118        |
|                               | CPO MARGOT                   | 532,460          | 6%          | 0.34        | 1.77        | 3.54        | 3.36        | 134        |
|                               | CPO VANESSA                  | 413,427          | 7%          | 0.11        | 1.01        | 5.27        | 2.91        | 144        |
|                               | VETAS HADAS 4                | 82,895           | 22%         | 0.05        | 3.91        | 2.19        | 1.58        | 123        |
|                               | CPO SANTA ROSA               | 77,945           | 9%          | 0.28        | 2.48        | 4.69        | 1.78        | 148        |
|                               | BREKA                        | 77,825           | 25%         | 0.32        | 1.05        | 5.04        | 1.05        | 122        |
|                               | VETA_KAROL 1                 | 63,804           | 0%          | 0.18        | 2.79        | 4.59        | 1.87        | 151        |
|                               | CPO BRENDA                   | 59,613           | 3%          | 0.20        | 4.99        | 5.33        | 2.36        | 207        |
|                               | VETA_KAROL                   | 43,526           | 8%          | 0.14        | 2.71        | 3.07        | 2.36        | 128        |
|                               | VETA BRUNILDA                | 38,856           | 29%         | 0.06        | 3.67        | 2.49        | 1.43        | 123        |
|                               | CATUVA (CUERPO NIÑO PERDIDO) | 36,400           | 10%         | 1.18        | 1.61        | 2.37        | 3.96        | 125        |
|                               | VETA RUBI                    | 34,300           | 26%         | 0.28        | 9.16        | 6.76        | 3.41        | 315        |
|                               | VETA GAYCO                   | 31,546           | 3%          | 0.71        | 1.99        | 4.03        | 7.97        | 201        |
|                               | VETA LEAD HILL SUR           | 30,100           | 25%         | 0.09        | 5.10        | 2.19        | 2.08        | 149        |
|                               | BOLSONADA MARGOT             | 27,300           | 8%          | 0.34        | 1.41        | 2.47        | 2.88        | 103        |
|                               | VETA ESPERANZA               | 22,669           | 7%          | 0.43        | 1.60        | 3.33        | 4.91        | 145        |
|                               | CUERPO BALILLAS PISO         | 19,700           | 23%         | 0.07        | 2.73        | 2.01        | 3.45        | 121        |
|                               | VETA BRUNILDA TECHO          | 19,500           | 29%         | 0.14        | 3.50        | 3.94        | 5.11        | 187        |
|                               | CPO_FARALLON                 | 18,357           | 5%          | 0.39        | 2.16        | 4.00        | 2.79        | 142        |
|                               | VETA PALOMA                  | 17,800           | 31%         | 0.17        | 3.69        | 4.40        | 2.02        | 164        |
|                               | VETA 05                      | 17,400           | 30%         | 0.04        | 4.13        | 2.84        | 1.39        | 138        |
|                               | VETA KAREN                   | 17,000           | 17%         | 0.22        | 1.64        | 7.47        | 2.24        | 187        |
|                               | VETA TOROMINA NO.4           | 14,900           | 57%         | 0.65        | 2.24        | 3.91        | 6.55        | 187        |
|                               | VETA TOROMINA NO.3           | 12,200           | 50%         | 0.58        | 2.62        | 4.84        | 7.65        | 221        |
|                               | CUERPO BALILLAS TECHO        | 11,900           | 26%         | 0.11        | 0.70        | 3.08        | 4.02        | 112        |
|                               | VETA VERONICA                | 10,000           | 17%         | 0.34        | 2.81        | 8.46        | 2.77        | 232        |
|                               | VETA FLOR DE LOTO            | 9,839            | 35%         | 0.58        | 1.54        | 1.29        | 4.14        | 101        |
|                               | RAMAL_FARALLON               | 9,548            | 38%         | 0.09        | 1.31        | 2.63        | 1.17        | 83         |
|                               | VETA BETSHEVA                | 7,877            | 14%         | 2.03        | 0.04        | 0.71        | 3.62        | 74         |
|                               | VETA NANCY                   | 6,200            | 32%         | 0.24        | 2.13        | 3.63        | 4.47        | 153        |
| CUERPO BETSHEVA PISO          | 4,200                        | 20%              | 0.64        | 0.11        | 2.89        | 1.68        | 78          |            |
| VETA SUSAN                    | 3,700                        | 45%              | 0.67        | 0.41        | 2.51        | 3.88        | 101         |            |
| VETA LA COLORADA              | 3,700                        | 22%              | 0.05        | 5.04        | 2.81        | 1.20        | 149         |            |
| VETA TORRE DE CRISTAL         | 3,500                        | 40%              | 0.19        | 1.83        | 1.80        | 4.20        | 112         |            |
| CUERPO BALILLA N-S            | 3,300                        | 25%              | 0.37        | 0.33        | 3.78        | 4.48        | 128         |            |
| CPO KATY                      | 2,610                        | 5%               | 0.52        | 1.99        | 5.58        | 2.22        | 163         |            |
| <b>Total Reserva Probable</b> |                              | <b>2,967,767</b> | <b>0.11</b> | <b>0.23</b> | <b>1.70</b> | <b>4.17</b> | <b>2.60</b> | <b>134</b> |
| <b>Total Reservas</b>         |                              | <b>5,641,470</b> | <b>0.13</b> | <b>0.22</b> | <b>1.95</b> | <b>4.59</b> | <b>2.62</b> | <b>146</b> |

Fuente: Departamento de Geología de la Unidad Minera Raura.

### 2.6.3. PRODUCCIÓN DE MINERAL Y CONCENTRADOS TIPO LOM

El plan de producción de mineral de la unidad minera Raura, desde el periodo 2018 al 2024, programa producciones diarias aproximadas de 2700 toneladas de mineral.

En función del Inventario de Recursos y Reservas al 31 de diciembre del 2017, el Plan Operativo 2018 y LOM considera como objetivo la producción de 5.9 Mt de mineral con ley promedio de 0.24 %Cu, 2.31 %Pb, 5.32 %Zn y 2.91 Oz/t Ag. El tonelaje es el resultado de la estimación de las reservas (Probado + Probables), no se consideran los recursos inferidos.

**Tabla N° 10: Plan de producción de mineral 18 - 19 y tipo LOM.**

| Detalle | Unid      | 2018 |      |      |          |           |         | LOM  |      |      |      |      |      | Total |      |
|---------|-----------|------|------|------|----------|-----------|---------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
|         |           | Ene  | Feb  | Mar  | II Trim. | III Trim. | IV Trim | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |       | 2024 |
| Mineral | t (miles) | 80   | 72   | 80   | 235      | 238       | 238     | 945  | 945  | 947  | 945  | 945  | 945  | 245   | 5917 |
| Leyes   | Oz/t Ag   | 2.46 | 2.6  | 2.61 | 2.67     | 2.63      | 2.62    | 2.62 | 2.91 | 2.74 | 3.11 | 3.12 | 3.12 | 2.45  | 2.74 |
|         | % Cu      | 0.23 | 0.27 | 0.36 | 0.3      | 0.24      | 0.22    | 0.26 | 0.2  | 0.19 | 0.26 | 0.25 | 0.25 | 0.24  | 0.25 |
|         | % Pb      | 2.35 | 2.58 | 2.11 | 2.32     | 2.37      | 2.6     | 2.41 | 2.86 | 2.89 | 2.27 | 1.86 | 1.75 | 1.63  | 2.31 |
|         | % Zn      | 5.62 | 5.65 | 5.46 | 5.29     | 5.45      | 5.48    | 5.45 | 5.21 | 5.24 | 5.45 | 5.26 | 5.27 | 5.38  | 5.40 |

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

El plan de producción de concentrados en la unidad minera Raura, entre el periodo 2018 al 2024, generará concentrados de cobre, concentrados de plomo y concentrados de zinc.

La planta de beneficio tiene como objetivo tratar 5.9 M t de mineral con leyes de cabeza promedio de 0.24%Cu, 2.31 %Pb, 5.32 %Zn y 2.91 Oz/t Ag, para obtener los siguientes resultados de producción en finos: 3,550 TMF de cobre, 120,000 TMF de plomo, 290,000 TMF de zinc y 13' 576,000 TMF de plata.

**Tabla N° 11: Plan de producción de concentrados 18-19 y tipo LOM.**

| Detalle      | Unid            | 2018 |      |      |          |           |          | LOM   |       |       |       |       |       | Total |        |
|--------------|-----------------|------|------|------|----------|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|              |                 | Ene  | Feb  | Mar  | II Trim. | III Trim. | IV Trim. | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  |       | 2024   |
| Mineral      | t (miles)       | 80   | 72   | 80   | 235      | 238       | 238      | 945   | 945   | 947   | 945   | 945   | 945   | 245   | 5917   |
| Leyes        |                 |      |      |      |          |           |          |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Cu           | %               | 2.46 | 2.6  | 2.61 | 2.67     | 2.63      | 2.62     | 2.62  | 2.91  | 2.74  | 3.11  | 3.11  | 3.12  | 2.45  | 2.74   |
| Pb           | %               | 0.23 | 0.27 | 0.36 | 0.3      | 0.24      | 0.22     | 0.26  | 0.2   | 0.19  | 0.26  | 0.25  | 0.25  | 0.24  | 0.25   |
| Zn           | %               | 2.35 | 2.58 | 2.11 | 2.32     | 2.37      | 2.6      | 2.41  | 2.86  | 2.89  | 2.27  | 1.86  | 1.75  | 1.63  | 2.31   |
| Ag           | Oz/t            | 5.62 | 5.65 | 5.46 | 5.29     | 5.45      | 5.48     | 5.45  | 5.21  | 5.24  | 5.45  | 5.26  | 5.27  | 5.38  | 5.40   |
| Recuperación |                 |      |      |      |          |           |          |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Cu           | %               | 23   | 26   | 31   | 28       | 24        | 23       | 26    | 22    | 21    | 27    | 28    | 27    | 28    | 26     |
| Pb           | %               | 89   | 89   | 88   | 89       | 89        | 89       | 89    | 89    | 89    | 88    | 87    | 86    | 86    | 88     |
| Zn           | %               | 92   | 92   | 92   | 92       | 92        | 92       | 92    | 92    | 92    | 92    | 92    | 92    | 92    | 92     |
| Ag           | %               | 78   | 78   | 79   | 79       | 79        | 79       | 79    | 79    | 79    | 79    | 79    | 79    | 76    | 79     |
| Concentrados |                 |      |      |      |          |           |          |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Cu           | TMF (miles 0.1) | 0.2  | 0.3  | 0.7  | 0.5      | 0.4       | 2.3      | 1.5   | 1.4   | 2.3   | 2.4   | 2.2   | 0.6   | 13    |        |
| Pb           | TMF (miles 2.7) | 2.6  | 2.4  | 7.7  | 7.8      | 8.6       | 31.8     | 37.8  | 38.4  | 29.7  | 24.1  | 22.4  | 5.4   | 190   |        |
| Zn           | TMF (miles 7.8) | 7.1  | 7.5  | 21.6 | 22.4     | 22.6      | 89       | 85.2  | 85.9  | 89.1  | 86    | 86.1  | 22.8  | 544   |        |
| Finos        |                 |      |      |      |          |           |          |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Cu           | TMF             | 41.7 | 48.8 | 88.3 | 200.2    | 134.7     | 121      | 634.7 | 412   | 386   | 657   | 663   | 630   | 167   | 3,550  |
| Pb           | TMF (miles 2)   | 2    | 1    | 5    | 5        | 6         | 20       | 24    | 24    | 19    | 15    | 14    | 3     | 120   |        |
| Zn           | TMF (miles 4)   | 4    | 4    | 11   | 12       | 12        | 47       | 45    | 46    | 47    | 46    | 46    | 12    | 290   |        |
| Ag           | Oz (miles)      | 154  | 147  | 165  | 495      | 493       | 490      | 1,943 | 2,165 | 2,042 | 2,320 | 2,322 | 2,328 | 455   | 13,576 |

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

#### **2.6.4. COSTOS DE PRODUCCIÓN TIPO LOM**

La implementación de métodos de minado semi masivos, como Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos, permite una reducción importante en los costos operacionales en la unidad minera Raura.

El “cash cost”, para el año 2018, ha sido estimado en US\$ 71.2/t, pero el promedio para el LOM alcanza con las reservas a diciembre 2017 y es de 68.3 US\$/t.

El costo de mina es el más relevante en la estructura de costos de Raura, representa el 51% del total. Esta es una gran oportunidad para optimizar ese costo, poniendo en marcha las estrategias e iniciativas claves de la unidad. De reducirse el costo de mina, tendrían un gran efecto en las reservas por lo cual sería de gran utilidad, facilitando así el uso de métodos masivos y de menor costo de explotación.



**Tabla N° 12: Costos de producción tipo LOM.**

| Costo de producción    | Unid.         | 2018          | LOM           |               |               |               |               | Total         |                |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
|                        |               |               | 2019          | 2020          | 2021          | 2022          | 2023          |               | 2024           |
| <b>Raura</b>           |               |               |               |               |               |               |               |               |                |
| Mineral Tratado Total  | t             | 944,570       | 944,570       | 947,340       | 944,570       | 944,570       | 944,570       | 245,068       | 5,915,258      |
| Exploraciones          | \$t           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0            |
| Geología               | \$t           | 2.4           | 2.4           | 2.4           | 2.4           | 2.4           | 2.3           | 1.8           | 2.3            |
| Mina                   | \$t           | 36.5          | 36.4          | 35.4          | 35.7          | 35.4          | 32.1          | 30.5          | 34.6           |
| Planta Concentradora   | \$t           | 5.4           | 5.4           | 5.4           | 5.4           | 5.4           | 5.4           | 5.4           | 5.4            |
| Mantenimiento          | \$t           | 8.4           | 8.4           | 8.4           | 8.4           | 8.4           | 8.4           | 8.4           | 8.4            |
| Energía                | \$t           | 3.5           | 3.5           | 3.5           | 3.5           | 3.5           | 3.5           | 3.5           | 3.5            |
| Apoyo                  | \$t           | 13.4          | 13.4          | 13.3          | 13.4          | 13.4          | 13.4          | 13.3          | 13.4           |
| Optimización y Mejoras | \$t           | 1.7           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.2            |
| <b>"Cash Cost"</b>     | <b>\$t</b>    | <b>71.3</b>   | <b>69.5</b>   | <b>68.4</b>   | <b>68.8</b>   | <b>68.5</b>   | <b>65.1</b>   | <b>62.9</b>   | <b>67.8</b>    |
| Exploraciones          | \$ 000        |               |               |               |               |               |               |               |                |
| Geología               | \$ 001        | 2,242         | 2,242         | 2,242         | 2,242         | 2,242         | 2,154         | 452           | 13,816         |
| Mina                   | \$ 002        | 34,472        | 34,419        | 33,511        | 33,761        | 33,421        | 30,308        | 7,476         | 207,368        |
| Planta Concentradora   | \$ 003        | 5,078         | 5,078         | 5,087         | 5,078         | 5,078         | 5,078         | 1,316         | 31,793         |
| Mantenimiento          | \$ 004        | 7,968         | 7,968         | 7,979         | 7,968         | 7,968         | 7,968         | 2,064         | 49,883         |
| Energía                | \$ 005        | 3,295         | 3,295         | 3,305         | 3,295         | 3,295         | 3,295         | 855           | 20,635         |
| Apoyo                  | \$ 006        | 12,618        | 12,618        | 12,618        | 12,618        | 12,618        | 12,618        | 3,264         | 78,972         |
| Optimización y Mejoras | \$ 007        | 1,610         | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 1,610          |
| <b>Cash cost</b>       | <b>\$ 008</b> | <b>67,283</b> | <b>65,620</b> | <b>64,742</b> | <b>64,962</b> | <b>64,622</b> | <b>61,421</b> | <b>15,427</b> | <b>404,077</b> |

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

### **2.6.5. INVERSIONES (CAPEX) TIPO LOM**

Para alcanzar los niveles de producción durante los periodos 2018, 2019 y lo proyectado en un periodo tipo LOM en mina, las inversiones programadas en estos periodos van acorde a las iniciativas claves, son las más altas y cubren aspectos de sostenimiento, relavera, normativos, cierre de minas y crecimiento.

**Tabla N° 13: Costos de producción tipo LOM.**

|                    |              | 2018          | 2019          | 2020          | 2021         | 2022          | 2023          | 2024         | Total          |
|--------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|----------------|
| <b>Raura</b>       |              |               |               |               |              |               |               |              |                |
| Sostenimiento      | \$000        | 13,545        | 24,880        | 23,253        | 3,940        | 11,550        | 490           | 100          | 77,758         |
| Relavera           | \$000        | 2,265         | 9,100         | 13,000        | 0            | 10,000        | 0             | 0            | 34,365         |
| Normativo          | \$000        | 1,150         | 1,750         | 1,950         | 250          | 250           | 250           | 250          | 5,850          |
| Cierre de mina     | \$000        | 3,570         | 1,920         | 870           | 120          | 120           | 15,155        | 7,000        | 28,755         |
| Crecimiento        | \$000        | 1,100         | 0             | 0             | 0            | 0             | 0             | 0            | 1,100          |
| <b>CAPEX TOTAL</b> | <b>\$000</b> | <b>19,365</b> | <b>28,550</b> | <b>26,073</b> | <b>4,310</b> | <b>11,920</b> | <b>15,895</b> | <b>7,350</b> | <b>113,463</b> |

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

### **2.6.6. VALOR PRESENTE NETO (NPV) LOM DE LA UNIDAD MINERA RAURA**

Considerando los ingresos basados en el Plan Operativo y los costos presupuestados para el 2018 y a lo largo del LOM, la operación arroja un NPV de U\$158 millones, tal como puede verse en la siguiente tabla, esta rentabilidad estará condicionada a la ley de corte de proyecto, y los distintos escenarios que atraviesa la unidad minera.

**Tabla N° 14: Valor Presente Neto LOM de la unidad minera Raura.**

|                          | Indicadores                         | UM          | 2018        | 2019        | 2020        | 2021        | 2022        | 2023        | 2024        | LOM          |  |
|--------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--|
| Operativos               | Mineral Tratado                     | kt          | 945         | 945         | 947         | 945         | 945         | 945         | 245         | 5917         |  |
|                          | <b>Leyes</b>                        |             |             |             |             |             |             |             |             |              |  |
|                          | Ag                                  | %           | 2.62        | 2.91        | 2.74        | 3.11        | 3.11        | 3.12        | 2.45        | 2.87         |  |
|                          | Cu                                  | %           | 0.26%       | 0.20%       | 0.19%       | 0.26%       | 0.25%       | 0.25%       | 0.24%       | 0.24%        |  |
|                          | Pb                                  | %           | 5.45%       | 2.86%       | 2.89%       | 2.27%       | 1.86%       | 1.75%       | 1.63%       | 2.31%        |  |
|                          | Zn                                  | oz/t        | 5.45%       | 5.21%       | 5.24%       | 5.45%       | 5.26%       | 5.27%       | 5.38%       | 5.32%        |  |
|                          | <b>Produccion</b>                   |             |             |             |             |             |             |             |             |              |  |
|                          | Ag                                  | Moz         | 1.9         | 2.2         | 2.0         | 2.3         | 2.3         | 2.3         | 0.5         | 13.6         |  |
|                          | Cu                                  | kt          | 0.6         | 0.4         | 0.4         | 0.7         | 0.7         | 0.6         | 0.2         | 3.6          |  |
|                          | Pb                                  | kt          | 20.3        | 24.0        | 24.3        | 18.8        | 15.3        | 14.2        | 3.4         | 120.3        |  |
| Zn                       | kt                                  | 47.4        | 45.3        | 45.7        | 47.4        | 45.7        | 45.8        | 12.1        | 289.5       |              |  |
| Zn Eq*                   | kt                                  | 76.1        | 80.3        | 80.1        | 79.6        | 74.9        | 74.1        | 18.3        | 483         |              |  |
| Opex & Capex             | <b>Indicadores UM</b>               |             |             |             |             |             |             |             |             |              |  |
|                          | Valor Mineral                       | \$/TT       | 179.5       | 178.7       | 177.9       | 176         | 165.5       | 163.7       | 156.4       | 171.8        |  |
|                          | Cash Cost                           | \$/TT       | 71.2        | 69.5        | 68.3        | 68.8        | 68.4        | 65          | 62.9        | 68.3         |  |
|                          | Capex                               | \$/M        | 19.4        | 28.6        | 26.1        | 4.3         | 11.9        | 15.9        | 7.4         | 113.5        |  |
|                          | Sostenimiento                       | \$/M        | 13.5        | 24.9        | 23.3        | 3.9         | 11.6        | 0.5         | 0.1         | 77.8         |  |
|                          | Relavera                            | \$/M        | 2.3         | 9.1         | 13.0        | 0.0         | 10.0        | 0.0         | 0.0         | 34.4         |  |
|                          | Normativo                           | \$/M        | 1.2         | 1.8         | 2.0         | 0.3         | 0.3         | 0.3         | 0.3         | 6.2          |  |
|                          | Cierre de mina                      | \$/M        | 3.6         | 1.9         | 0.9         | 0.1         | 0.1         | 15.2        | 7.0         | 28.8         |  |
|                          | Crecimiento                         | \$/M        | 1.1         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 1.1          |  |
| Económicos & Financieros | <b>Indicadores UM</b>               |             |             |             |             |             |             |             |             |              |  |
|                          | <b>Flujo de Caja y Valorizacion</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |              |  |
|                          | Ventas                              | \$/M        | 166.0       | 160.3       | 153.5       | 151.9       | 142.9       | 141.2       | 34.5        | 950.3        |  |
|                          | Costos de Produccion                | \$/M        | -67.3       | -65.6       | -64.7       | -65.0       | -64.6       | -61.4       | -15.4       | -404         |  |
|                          | Participacion                       | \$/M        | -5.8        | -5.7        | -5.2        | -5.2        | -4.5        | -3.6        | 0.0         | -30          |  |
|                          | Otros gastos operativos             | \$/M        | -2.9        | -1.0        | -1.0        | -1.0        | -1.0        | -1.0        | -0.3        | -8.2         |  |
|                          | Gastos Admin. & Ventas              | \$/M        | -6.0        | -5.5        | -5.5        | -5.4        | -5.3        | -5.5        | -5.7        | -38.9        |  |
|                          | <b>EBITDA</b>                       | <b>\$/M</b> | <b>84.0</b> | <b>82.5</b> | <b>77.1</b> | <b>75.3</b> | <b>67.5</b> | <b>69.7</b> | <b>13.1</b> | <b>469.2</b> |  |
|                          | Regalias & IEM                      | \$/M        | -5.7        | -5.6        | -5.0        | -4.9        | -4.0        | -2.8        | -0.3        | -28.3        |  |
|                          | Impuestos a la renta                | \$/M        | -20.4       | -19.9       | -18.3       | -18.1       | -15.9       | -12.6       | 0.0         | -105.2       |  |
|                          | <b>Flujo de caja operativo</b>      | <b>\$/M</b> | <b>57.9</b> | <b>57.0</b> | <b>53.8</b> | <b>52.3</b> | <b>47.6</b> | <b>54.3</b> | <b>12.8</b> | <b>335.7</b> |  |
| Capex                    | \$/M                                | -19.4       | -28.6       | -26.1       | -4.3        | -11.9       | -15.9       | -7.4        | -113.6      |              |  |
| FCF                      | \$/M                                | 38.5        | 28.4        | 27.7        | 48.0        | 35.7        | 38.4        | 5.4         | 222.1       |              |  |
| NPV @ 10.0%              | \$/M                                |             |             |             |             |             |             |             | 158         |              |  |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

## 2.7. DILUCIÓN SECTOR HADAS

Las operaciones de mina se encuentran centralizadas en la zona sur de Raura, ubicadas en el sector de Hadas, donde se encuentra el 95.6% de las reservas y el 93% de los recursos.

A partir del año 2017 no se programó los tajos convencionales, realizando solo la planificación en métodos de explotación Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos y Corte y Relleno Mecanizado.

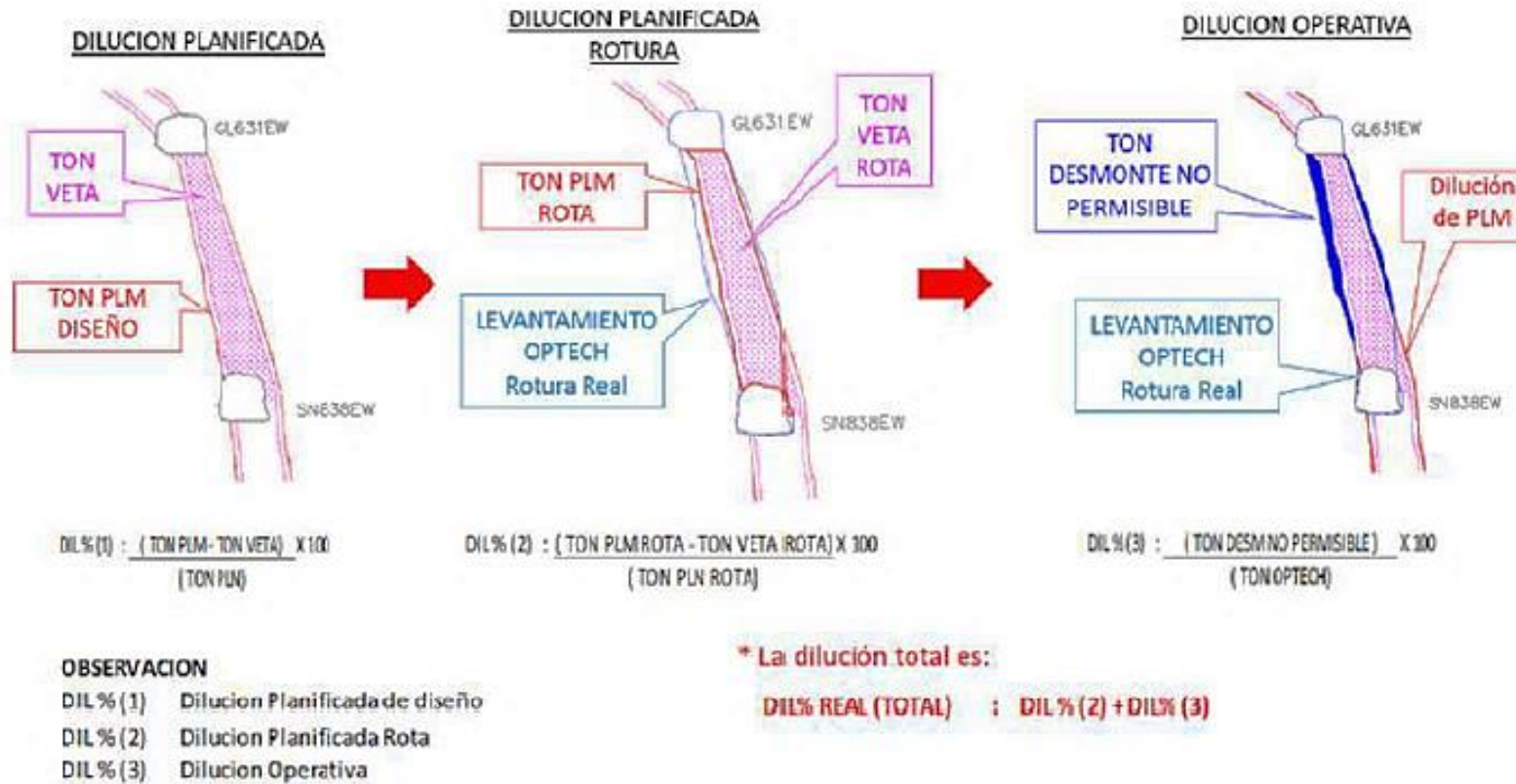
El sector Hadas es el de mayor potencial de recursos y reservas; a partir del año 2018, se realizó avances de desarrollo, exploración operativa, preparación y exploración AFE, en Vanessa, Cuerpo Farallón, Cuerpo Katty, Cuerpo Margot y Cuerpo Rubí.

El mayor porcentaje de las reservas probadas y probables están en las estructuras Cuerpo Breka, Cuerpo Hadas 1, Cuerpo Vanessa. El planeamiento se focalizó en esos sectores para centralizar las operaciones de desarrollos, preparaciones y explotación con métodos altamente productivos y de bajo costo.

La dilución tiene un gran impacto en la minería, ya que son los residuos de roca de baja ley o material improductivo que al mezclarse con el mineral con valor económico cuando se desarrolla la explotación baja la ley y tonelaje del mineral. Cuando el tonelaje es menor y la ley mayor, la dilución no superará lo planificado. Dicho esto, las diluciones tienen un gran impacto en costo de operaciones mina y planta, y lo más trascendental es que disminuye el valor de mineral porque minimiza la ley de cabeza, demostrando así que tiene efectos negativos en la recuperación metalúrgica.

A partir del año 2017, se realizó los levantamientos topográficos de los tajos con el equipo OPTECH, el cual permitió tener mayor información para el cálculo de la dilución a partir de un diseño planificado.

Figura N° 27: Diseño de dilución operativa, unidad minera Raura.



Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

**Tabla N° 15: Resumen de Dilución, unidad minera Raura.**

| Tajos   | Nivel | Estructura | Met. Explot. | Enero  |             | Febrero |             | Marzo  |             | Abril  |             | Mayo            |             | Junio  |             | Julio  |             | Agosto |             | Setiembre |             | Octubre |             | Noviembre |             | Diciembre |             |        |
|---------|-------|------------|--------------|--------|-------------|---------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|-----------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|--------|
|         |       |            |              | Ton.   | % DIL total | Ton.    | % DIL total | Ton.   | % DIL total | Ton.   | % DIL total | % DIL Operativa | % DIL total | Ton.   | % DIL total | Ton.   | % DIL total | Ton.   | % DIL total | Ton.      | % DIL total | Ton.    | % DIL total | Ton.      | % DIL total | Ton.      | % DIL total | Ton.   |
| TJ658NS | 380   | Santa Rosa | BAF          | 2,776  | 26.46%      | 3,231   | 13.00%      | 4,195  | 26.57%      | 10,946 | 6.74%       | 8.01%           | 13.12%      |        |             |        |             |        |             |           |             |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ488EW | 380   | Karol      | BAF          | 2,451  | 29.92%      | 3,437   | 31.78%      | 1,638  | 17.36%      |        |             |                 | 0%          |        |             |        |             |        |             |           |             |         | 6,663       | 12.58%    | 7,867       | 17.27%    | 2,847       | 13.87% |
| TJ488EE | 200   | Karol      | BAF          |        |             |         |             |        |             | 3,286  | 44.15%      | 19.08%          | 29.20%      | 5,811  | 0%          | 723    |             | 6,685  | 19.40%      | 2,517     |             | 4,301   |             | 4,660     | 10.02%      | 10,714    | 4.97%       |        |
| TJ487EW | 200   | Karol      | BAF          |        |             |         |             |        |             |        |             | 0%              | 0%          | 511    |             | 5,668  |             | 1,627  | 28.29%      | 2,639     | 19.27%      | 2,776   | 10.55%      |           |             |           |             |        |
| TJ830EW | 380   | Margot     | BAF          | 14,387 | 14.71%      | 5,845   |             | 6,390  | 11.61%      | 1,573  | 15.93%      |                 | 0%          |        |             |        |             |        |             |           |             |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ750EW | 200   | Farallon   | BAF          | 12,403 | 6.01%       | 8,778   | 5.19%       | 10,014 | 0%          | 6,934  |             | 7.80%           | 7.80%       | 2,524  | 25.71%      | 357    |             | 5,686  | 5.17%       | 7,347     | 10.01%      | 7,082   | 33.85%      | 7,114     | 9.20%       | 2,992     | 5.58%       |        |
| TJ750EW | 300   | Farallon   | BAF          | 3,870  | 5.46%       | 7,327   | 5.55%       | 15,571 | 13.42%      | 10,664 | 21.18%      | 9.98%           | 17.10%      | 11,303 | 24.57%      | 9,973  | 24.57%      | 12,450 | 8.69%       | 17,701    | 21.13%      | 10,208  | 24.31%      | 7,064     | 8.51%       | 8,183     | 8.55%       |        |
| TJ769NS | 200   | Bol. Katty | BAF          |        |             |         |             |        |             |        |             | 0%              | 0%          | 7,518  | 11.47%      | 4,833  | 11.47%      |        |             |           |             |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ709WV | 380   | Farallon   | BAF          | 3,300  | 13.29%      | 9,500   | 11.26%      | 5,545  | 0%          | 7,840  | 5.06%       | 9.41%           | 13.30%      | 8,250  | 13.45%      | 10,616 | 24.57%      | 4,206  | 12%         |           |             |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ709EE | 380   | Farallon   | BAF          |        |             |         |             |        |             |        |             | 0%              | 0%          |        |             |        |             | 1,449  | 17%         |           |             |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ657NS | 200   | Santa Rosa | BAF          |        |             |         |             |        |             |        |             | 0%              | 0%          |        |             |        |             | 2,314  |             | 4,636     | 10.87%      | 3,592   | 20.35%      | 5,967     | 12.16%      | 7,966     | 13.65%      |        |
| TJ731EW | 150   | Margot     | BAF          |        |             |         |             |        |             |        |             | 0%              | 0%          |        |             | 5,043  | 13.45%      | 815    |             |           |             |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ609NN | 200   | Hadas Skar | SLSL         |        |             |         |             |        |             |        |             | 0%              | 0%          |        |             |        |             | 4,297  | 11.54%      | 7,478     | 2.91%       | 3,346   |             | 2,901     | 3.00%       | 1,240     | 0.58%       |        |
| TJ610NS | 100   | Vanessa    | SLSL         |        |             |         |             |        |             |        |             | 0%              | 0%          |        |             |        |             | 1,770  | 8.24%       | 10,041    | 7.64%       | 12,911  | 8.86%       | 12,889    | 9.26%       |           |             |        |
| TJ610NS | 150   | Vanessa    | SLSL         | 4,524  | 1.99%       | 58      |             | 2,227  | 6.33%       | 4,747  | 1.99%       | 4.08%           | 5.30%       |        |             |        |             |        |             |           |             |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ609NS | 200   | Hadas Skar | CRBR         | 6,713  | 6.00%       | 4,134   | 2.00%       | 4,086  | 3.20%       |        |             | 1.18%           | 2.30%       | 960    |             | 2,972  | 2.00%       | 3,675  | 3.00%       | 1,734     | 3.00%       |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ720EE | 380   | Hadas 4    | CRBR         |        |             |         |             |        |             |        |             | 0.00%           | 0.00%       |        |             |        |             |        |             |           |             | 1,422   | 14.00%      | 2,796     | 3.00%       | 3,699     | 4.00%       |        |
| TJ821EW | 200   | Margot     | CRBR         | 1,775  | 2.90%       | 298     | 2.00%       | 2,224  | 2.30%       | 1,262  | 6.65%       | 0.66%           | 2.00%       | 1,664  | 2.00%       | 1,502  | 2.00%       | 1,538  | 3.00%       | 2,987     | 3.00%       | 456     |             | 1,406     | 3.00%       |           |             |        |
| TJ821NS | 200   | Vanessa    | CRBR         |        |             |         |             |        |             |        |             | 0.00%           | 0.00%       |        |             |        |             |        |             |           |             | 1,717   | 2.00%       | 1,736     | 3.00%       | 1,250     | 2.00%       |        |
| TJ830WV | 380   | Margot     | CRBR         | 799    | 3.00%       | 2,260   | 2.00%       | 121    |             | 795    |             | 3.19%           | 4.00%       | 2,371  | 2.00%       | 630    |             | 1,229  | 3.00%       | 1,263     | 3.00%       |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ731EW | 150   | Margot     | CRBR         | 2,046  | 7.00%       | 2,055   | 6.10%       | 3,252  | 5.30%       | 5,904  | 4.50%       | 1.26%           | 5.40%       | 5,468  | 4.00%       | 468    |             | 4,480  | 3.00%       | 2,621     | 3.00%       | 7,060   | 2.00%       | 6,097     | 3.00%       | 8,001     | 2.00%       |        |
| TJ612EW | 300   | Hadas Skar | CRBR         | 426    | 4.00%       |         |             |        |             |        |             | 0.00%           | 0.00%       |        |             | 1,363  | 0.00%       | 310    |             | 701       | 3.00%       | 1,212   | 2.00%       | 1,219     | 3.00%       |           |             |        |
| TJ769EW | 200   | Bol. Katty | CRBR         |        |             |         |             |        |             |        |             | 0.00%           | 0.00%       |        |             |        |             |        |             | 467       | 3.00%       | 1,872   | 2.00%       | 988       | 3.00%       |           |             |        |
| TJ657NS | 200   | Santa Rosa | CRBR         | 1,451  | 6.00%       |         |             |        |             |        |             | 0.18%           | 4.20%       | 2,222  | 5.20%       | 3,439  | 4.50%       |        |             |           |             |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ487EW | 200   | Karol      | CRBR         | 2,618  | 6.00%       | 4,205   | 6.20%       | 4,656  | 5.20%       | 3,006  | 4.60%       |                 | 0.00%       | 768    | 2.00%       |        |             |        |             |           |             |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ749EW | 150   | Farallon   | CRBR         |        |             |         |             |        |             |        |             | 0.00%           | 0.00%       |        |             |        |             |        |             | 1,844     | 3.00%       | 2,943   | 2.00%       | 1,265     | 3.00%       | 4,724     | 3.00%       |        |
| TJ608NS | 150   | Vanessa    | CRBR         |        |             |         |             |        |             |        |             | 0.00%           | 0.00%       |        |             |        |             |        |             |           |             | 1,534   | 3.00%       | 750       | 4.10%       |           |             |        |
| TJ701NS | 200   | Katty      | CRBR         | 6,023  | 6.00%       | 5,041   | 14.70%      | 3,453  | 12.20%      | 176    |             |                 | 0.00%       | 3,379  | 6.40%       | 3,771  | 6.20%       | 4,523  | 4.30%       | 1,290     | 4.20%       |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ810NS | 200   | Sandra     | CRBR         | 725    | 3.00%       | 2,516   | 4.90%       | 603    |             |        |             |                 | 0.00%       |        |             |        |             |        |             |           |             |         |             |           |             |           |             |        |
| TJ709EW | 380   | Farallon   | CRBR         | 1,453  | 7.00%       | 1,748   | 19.00%      | 1,742  | 8.20%       | 1,904  | 2.00%       | 0.74%           | 2.00%       | 1,339  | 2.00%       | 22     |             |        |             |           |             |         |             |           |             |           |             |        |

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

## 2.7.1. RECONCILIACIONES

La información de la reconciliación permitirá evaluar toneladas y leyes de recursos, reservas, producción mina y tratamiento de planta, según se puede apreciar en el Procedimiento LRA-RAU-PLN-RLP-PRO-019. Esta propuesta con el alcance integral, se implementó en la unidad y permitirá sustentar con información estadística los factores de dilución, recuperación minera y reconciliación.

Tabla N° 16: Resumen de Reconciliaciones, unidad minera Raura.

| MES        | TMS EXTRACCION | TMS PLANTA | Oz Ag      |             |               | % Cu       |             |               | % Pb       |             |               | % Zn       |             |               | Factores Planta Vs Exstraccion |      |      |      |       |
|------------|----------------|------------|------------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------|--------------------------------|------|------|------|-------|
|            |                |            | LEY AG RES | LEY AG EXTR | LEY AG PLANTA | LEY CU RES | LEY CU EXTR | LEY CU PLANTA | LEY PB RES | LEY PB EXTR | LEY PB PLANTA | LEY ZN RES | LEY ZN EXTR | LEY ZN PLANTA | TMS (t)                        | %Cu  | %Pb  | %Zn  | Or Ag |
| Enero      | 65.119         | 67.740     | 3.21       | 2.73        | 2.52          | 0.20       | 0.25        | 0.23          | 2.42       | 3.02        | 2.76          | 5.51       | 6.16        | 5.70          | 0.98                           | 0.92 | 0.91 | 0.93 | 0.92  |
| Febrero    | 52.572         | 60.435     | 2.18       | 2.50        | 2.58          | 0.27       | 0.26        | 0.26          | 2.95       | 2.39        | 2.61          | 5.51       | 6.27        | 6.01          | 1.15                           | 0.94 | 1.09 | 0.96 | 1.03  |
| Marzo      | 63.638         | 65.717     | 2.61       | 3.05        | 2.62          | 0.26       | 0.29        | 0.27          | 2.42       | 2.59        | 2.16          | 5.98       | 6.48        | 6.12          | 1.03                           | 0.94 | 0.93 | 0.94 | 0.96  |
| Abril      | 59.017         | 59.038     | 2.43       | 3.21        | 2.96          | 0.25       | 0.41        | 0.40          | 2.15       | 2.77        | 2.58          | 5.55       | 6.34        | 5.97          | 1.05                           | 0.93 | 0.93 | 0.94 | 0.92  |
| Mayo       | 64.500         | 61.885     | 3.14       | 3.06        | 2.70          | 0.22       | 0.23        | 0.22          | 3.28       | 3.05        | 3.36          | 6.67       | 6.45        | 6.64          | 0.96                           | 1.37 | 1.10 | 1.03 | 0.88  |
| Junio      | 50.900         | 51.038     | 3.34       | 3.03        | 2.69          | 0.37       | 0.32        | 0.29          | 3.22       | 2.92        | 2.99          | 5.48       | 4.83        | 6.04          | 1.06                           | 0.90 | 0.89 | 1.25 | 0.88  |
| Julio      | 41.110         | 51.380     | 2.71       | 2.70        | 2.93          | 0.23       | 0.20        | 0.21          | 2.45       | 2.34        | 2.97          | 5.61       | 4.97        | 6.47          | 1.24                           | 1.03 | 1.16 | 1.19 | 1.05  |
| Agosto     | 41.600         | 55.285     | 2.76       | 2.62        | 2.32          | 0.19       | 0.18        | 0.27          | 3.16       | 2.77        | 2.54          | 6.09       | 5.29        | 6.39          | 1.33                           | 1.40 | 0.92 | 1.21 | 0.83  |
| Septiembre | 54.107         | 53.996     | 2.69       | 4.00        | 2.01          | 0.19       | 0.15        | 0.17          | 2.31       | 1.76        | 1.86          | 6.10       | 4.86        | 5.54          | 1.00                           | 1.05 | 1.06 | 1.14 | 0.90  |
| Octubre    | 53.071         | 64.694     | 3.41       | 2.68        | 2.73          | 0.30       | 0.22        | 0.23          | 1.90       | 1.63        | 2.07          | 5.80       | 4.35        | 6.26          | 1.22                           | 1.04 | 1.27 | 1.44 | 1.02  |
| Noviembre  | 65.547         | 65.524     | 3.78       | 3.35        | 3.64          | 0.29       | 0.25        | 0.26          | 2.05       | 1.79        | 2.13          | 5.68       | 4.91        | 6.21          | 1.03                           | 1.04 | 1.10 | 1.27 | 1.05  |
| Diciembre  | 64.046         | 65.255     | 3.00       | 3.64        | 3.49          | 0.28       | 0.25        | 0.26          | 2.76       | 2.75        | 2.44          | 6.32       | 5.65        | 6.41          | 1.02                           | 1.05 | 0.93 | 1.10 | 0.96  |
| 2017       | 675.607        | 725.032    | 3.04       | 3.07        | 2.78          | 0.25       | 0.25        | 0.26          | 2.59       | 2.49        | 2.47          | 5.85       | 5.62        | 6.08          | 1.05                           | 1.04 | 0.93 | 1.03 | 0.90  |

| MES        | TMS RESERVA | TMS EXTRACCION | Oz Ag      |             |               | % Cu       |             |               | % Pb       |             |               | % Zn       |             |               | Factores Extraccion Vs Reserva |      |      |      |       |
|------------|-------------|----------------|------------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------|--------------------------------|------|------|------|-------|
|            |             |                | LEY AG RES | LEY AG EXTR | LEY AG PLANTA | LEY CU RES | LEY CU EXTR | LEY CU PLANTA | LEY PB RES | LEY PB EXTR | LEY PB PLANTA | LEY ZN RES | LEY ZN EXTR | LEY ZN PLANTA | TMS (t)                        | %Cu  | %Pb  | %Zn  | Or Ag |
| Enero      | 92.409      | 68.119         | 3.31       | 2.73        | 2.52          | 0.20       | 0.25        | 0.23          | 2.42       | 3.02        | 2.76          | 5.51       | 6.16        | 5.70          | 0.74                           | 1.23 | 1.24 | 1.12 | 0.92  |
| Febrero    | 69.501      | 52.572         | 2.18       | 2.50        | 2.58          | 0.27       | 0.26        | 0.25          | 2.95       | 2.39        | 2.61          | 5.51       | 6.27        | 6.01          | 0.76                           | 0.95 | 0.91 | 1.14 | 1.13  |
| Marzo      | 63.039      | 63.636         | 2.61       | 3.05        | 2.62          | 0.26       | 0.29        | 0.27          | 2.42       | 2.59        | 2.16          | 5.98       | 6.48        | 6.12          | 1.01                           | 1.10 | 1.07 | 1.03 | 1.17  |
| Abril      | 59.036      | 59.017         | 2.43       | 3.21        | 2.96          | 0.25       | 0.41        | 0.40          | 2.15       | 2.77        | 2.58          | 5.55       | 6.34        | 5.97          | 0.95                           | 1.02 | 1.09 | 1.14 | 1.02  |
| Mayo       | 67.065      | 64.500         | 3.14       | 3.06        | 2.70          | 0.22       | 0.23        | 0.22          | 3.28       | 3.05        | 3.36          | 6.67       | 6.45        | 6.64          | 0.96                           | 1.03 | 0.99 | 0.97 | 0.97  |
| Junio      | 50.900      | 50.900         | 3.34       | 3.03        | 2.69          | 0.37       | 0.32        | 0.29          | 3.22       | 2.92        | 2.99          | 5.48       | 4.83        | 6.04          | 0.97                           | 0.97 | 0.91 | 0.93 | 0.91  |
| Julio      | 41.110      | 41.110         | 2.71       | 2.70        | 2.93          | 0.23       | 0.20        | 0.21          | 2.45       | 2.34        | 2.97          | 5.61       | 4.97        | 6.47          | 0.99                           | 0.96 | 0.96 | 0.93 | 1.00  |
| Agosto     | 43.211      | 41.600         | 2.76       | 2.62        | 2.32          | 0.19       | 0.18        | 0.27          | 3.16       | 2.77        | 2.54          | 6.09       | 5.29        | 6.39          | 0.96                           | 0.93 | 0.88 | 0.97 | 0.93  |
| Septiembre | 54.957      | 54.107         | 2.69       | 4.00        | 2.01          | 0.19       | 0.15        | 0.17          | 2.31       | 1.76        | 1.86          | 6.10       | 4.86        | 5.54          | 0.95                           | 0.91 | 0.76 | 0.89 | 1.49  |
| Octubre    | 58.830      | 53.071         | 3.41       | 2.68        | 2.73          | 0.30       | 0.22        | 0.23          | 1.90       | 1.63        | 2.07          | 5.80       | 4.38        | 6.26          | 0.90                           | 0.73 | 0.96 | 0.75 | 0.79  |
| Noviembre  | 65.478      | 65.547         | 3.78       | 3.35        | 3.64          | 0.29       | 0.25        | 0.26          | 2.05       | 1.79        | 2.13          | 5.68       | 4.91        | 6.21          | 0.97                           | 0.97 | 0.97 | 0.96 | 0.93  |
| Diciembre  | 64.249      | 64.046         | 3.00       | 3.64        | 3.49          | 0.28       | 0.25        | 0.26          | 2.76       | 2.75        | 2.44          | 6.32       | 5.65        | 6.41          | 1.00                           | 0.93 | 1.00 | 0.93 | 0.94  |
| 2017       | 732.569     | 673.607        | 3.04       | 3.07        | 2.78          | 0.25       | 0.25        | 0.26          | 2.59       | 2.49        | 2.47          | 5.85       | 5.62        | 6.08          | 0.92                           | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 1.01  |

| MES        | TMS RESERVAS. | TMS EXTRACCION | TMS PLANTA | Oz Ag      |             |               | % Cu       |             |               | % Pb       |             |               | % Zn       |             |               |
|------------|---------------|----------------|------------|------------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------|------------|-------------|---------------|
|            |               |                |            | LEY AG RES | LEY AG EXTR | LEY AG PLANTA | LEY CU RES | LEY CU EXTR | LEY CU PLANTA | LEY PB RES | LEY PB EXTR | LEY PB PLANTA | LEY ZN RES | LEY ZN EXTR | LEY ZN PLANTA |
| Enero      | 92.409        | 68.119         | 67.740     | 3.31       | 2.73        | 2.52          | 0.20       | 0.25        | 0.23          | 2.42       | 3.02        | 2.76          | 5.51       | 6.16        | 5.70          |
| Febrero    | 69.501        | 52.572         | 60.435     | 2.18       | 2.50        | 2.58          | 0.27       | 0.26        | 0.25          | 2.95       | 2.39        | 2.61          | 5.51       | 6.27        | 6.01          |
| Marzo      | 63.039        | 63.636         | 65.717     | 2.61       | 3.05        | 2.62          | 0.26       | 0.29        | 0.27          | 2.42       | 2.59        | 2.16          | 5.98       | 6.48        | 6.12          |
| Abril      | 59.236        | 59.017         | 59.038     | 2.43       | 3.21        | 2.96          | 0.25       | 0.41        | 0.40          | 2.15       | 2.77        | 2.58          | 5.55       | 6.34        | 5.97          |
| Mayo       | 67.065        | 64.500         | 61.885     | 3.14       | 3.06        | 2.70          | 0.22       | 0.23        | 0.22          | 3.28       | 3.05        | 3.36          | 6.67       | 6.45        | 6.64          |
| Junio      | 50.900        | 50.900         | 51.038     | 3.34       | 3.03        | 2.69          | 0.37       | 0.32        | 0.29          | 3.22       | 2.92        | 2.99          | 5.48       | 4.83        | 6.04          |
| Julio      | 41.110        | 41.110         | 51.380     | 2.71       | 2.70        | 2.93          | 0.23       | 0.20        | 0.21          | 2.45       | 2.34        | 2.97          | 5.61       | 4.97        | 6.47          |
| Agosto     | 43.211        | 41.600         | 55.285     | 2.76       | 2.62        | 2.32          | 0.19       | 0.18        | 0.27          | 3.16       | 2.77        | 2.54          | 6.09       | 5.29        | 6.39          |
| Septiembre | 54.957        | 54.107         | 53.996     | 2.69       | 4.00        | 2.01          | 0.19       | 0.15        | 0.17          | 2.31       | 1.76        | 1.86          | 6.10       | 4.86        | 5.54          |
| Octubre    | 58.830        | 53.071         | 64.694     | 3.41       | 2.68        | 2.73          | 0.30       | 0.22        | 0.23          | 1.90       | 1.63        | 2.07          | 5.80       | 4.35        | 6.26          |
| Noviembre  | 65.478        | 65.547         | 65.524     | 3.78       | 3.35        | 3.64          | 0.29       | 0.25        | 0.26          | 2.05       | 1.79        | 2.13          | 5.68       | 4.91        | 6.21          |
| Diciembre  | 64.249        | 64.046         | 65.255     | 3.00       | 3.64        | 3.49          | 0.28       | 0.25        | 0.26          | 2.76       | 2.75        | 2.44          | 6.32       | 5.65        | 6.41          |
| 2017       | 732.569       | 673.607        | 725.032    | 3.04       | 3.07        | 2.78          | 0.25       | 0.25        | 0.26          | 2.59       | 2.49        | 2.47          | 5.85       | 5.62        | 6.08          |

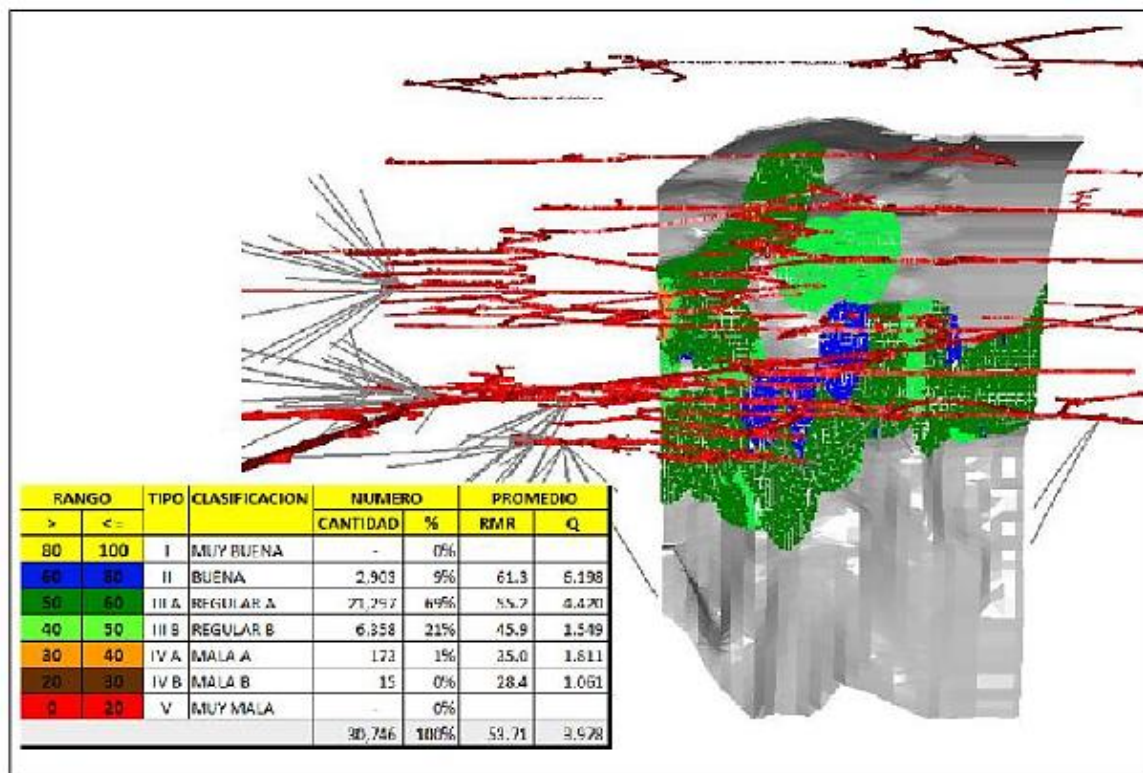
Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

## 2.7.2. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA – ZONA HADAS

En la actualidad, para los estudios geomecánicos, se utilizan 3 modos de clasificación: Sistema RMR de Bieniawski (1989), el Sistema Q de Barton (1974) y el Índice Geológico de Resistencia GSI de Hoek (1997), y el tipo de sostenimiento empleado está acorde a la clasificación estipulada en la tabla GSI en la Mina Raura (9)

El sector sur del yacimiento pertenece a la zona de mineralización de Brenda, Vanesa, Verónica, Karol, Margot, Hadas Skarn y Santa Rosa, cuyos valores geomecánicos según la clasificación de Bieniawski en cajas presenta calidad de roca regular de tipo IIIB a IIIA con un RMR de 45-60 y en la zona mineralizada presenta una calidad de roca de mala a regular de tipo IVA a tipo IIIB con un RMR 35 a 45. (9)

Figura N° 28: Zonificaciones geomecánicas de la zona Hadas, unidad minera Raura.



Hadas

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.



### 2.7.3. DILUCIÓN Y RECUPERACIÓN MINERA

#### a. Dilución Para la Estimación de Reservas

La dilución tiene un gran impacto en la minería, ya que son los residuos de roca de baja ley o material improductivo que al mezclarse con el mineral con valor económico cuando se desarrolla la explotación baja la ley y tonelaje del mineral. Cuando el tonelaje es menor y la ley mayor, la dilución no superará lo planificado. Dicho esto, las diluciones tienen un gran impacto en costo de operaciones mina y planta, y lo más trascendental es que disminuye el valor de mineral porque minimiza la ley de cabeza, demostrando así que tiene efectos negativos en la recuperación metalúrgica.

- **Dilución utilizada para el Método Geoestadístico;** los recursos estimados en forma geoestadística para la conversión a reservas, se realizó en base al cálculo del ELOS por estructura. Con dicha dilución obtenida se utiliza como parámetro modificador de las reservas.
- **Dilución utilizada para el Método Clásico;** los recursos estimados en forma clásica para la conversión a reserva, se realizó en base al cálculo del ELOS por estructura. Con dicha dilución se estima a partir de la fórmula establecida por O'Hara.

A partir de la constante (K) para cada método de explotación; esta constante (K) varía de acuerdo al método de explotación de cada block de los recursos que integran las áreas minables, de tal manera que el ancho diluido sea de acuerdo al método de explotación establecida.

La fórmula establecida por O' Hara, la cual estima la dilución en minas subterráneas a partir del buzamiento y ancho de veta y toma una constante (K) de acuerdo al método de explotación.

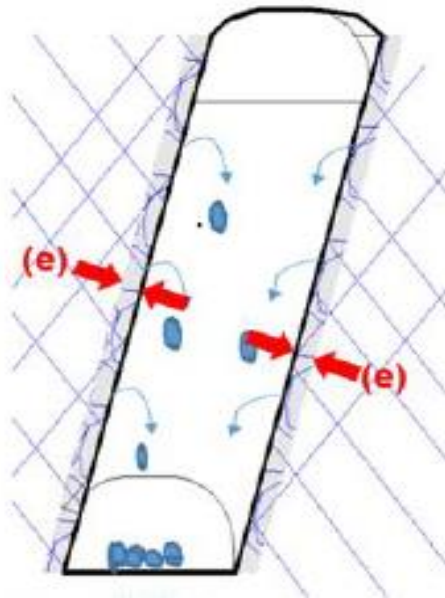
Donde:

- K : Constante
- W : Potencia o ancho de veta
- A° : Buzamiento o inclinación

$$D(\%) = \frac{K}{W^{0.75} \text{sen}A^2}$$

- **Dilución según ELOS;** el concepto de Equivalent linear overbreak/slough (ELOS) o sobre rotura lineal equivalente es la zona afectada por la abertura, producto del disparo que presenta la probabilidad de ocasionar desprendimiento de cajas.

Figura N° 29: Gráfico de la sobre rotura en la zona Hadas, unidad minera Raura.



Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

Tabla N° 17: Resumen del Cálculo de dilución, cuerpo Hadas, unidad minera Raura.

| DILUCION POR ESTRUCTURA |       |                   |             | DILUCION ELOS |          |         | DIL %  |     |
|-------------------------|-------|-------------------|-------------|---------------|----------|---------|--------|-----|
| Tajos                   | Nivel | Estructura        | Met Explot. | CJ. TECHO     | CJ. PISO | DILELOS | A.VETA | % D |
|                         |       | Veta Karol 1      | BAFVET      | 0.40          | 0.40     | 0.80    | 7.56   | 10% |
| Tajos                   | Nivel | Estructura        | Met Explot. | CJ. TECHO     | CJ. PISO | DILELOS | A.VETA | % D |
|                         |       | Vanessa           | SLSL        | 0.50          | 0.50     | 1.00    | 6.44   | 13% |
|                         |       | Vanessa           | SLST        | 0.30          | 0.30     | 0.60    | 8.55   | 7%  |
| Tajos                   | Nivel | Estructura        | Met Explot. | CJ. TECHO     | CJ. PISO | DILELOS | A.VETA | % D |
|                         |       | Hadas 1           | BAF         | 0.40          | 0.40     | 0.80    | 5.92   | 12% |
|                         |       | Hadas 1           | CRBR        | 0.25          | 0.25     | 0.50    | 6.10   | 8%  |
|                         |       | Hadas 1           | SLSL        | 0.50          | 0.50     | 1.00    | 7.14   | 12% |
|                         |       | Hadas 1           | SLST        | 0.30          | 0.30     | 0.60    | 9.71   | 6%  |
| Tajos                   | Nivel | Estructura        | Met Explot. | CJ. TECHO     | CJ. PISO | DILELOS | A.VETA | % D |
|                         |       | Margot            | CRBR        | 0.25          | 0.25     | 0.50    | 8.54   | 6%  |
| Tajos                   | Nivel | Estructura        | Met Explot. | CJ. TECHO     | CJ. PISO | DILELOS | A.VETA | % D |
|                         |       | Veta Hada 4       | BAFVET      | 0.30          | 0.30     | 0.60    | 2.70   | 18% |
| Tajos                   | Nivel | Estructura        | Met Explot. | CJ. TECHO     | CJ. PISO | DILELOS | A.VETA | % D |
|                         |       | Veta Brunilda     | BAFVET      | 0.30          | 0.30     | 0.60    | 1.50   | 29% |
| Tajos                   | Nivel | Estructura        | Met Explot. | CJ. TECHO     | CJ. PISO | DILELOS | A.VETA | % D |
|                         |       | Veta Esperanza    | BAFVET      | 0.30          | 0.30     | 0.60    | 1.68   | 26% |
| Tajos                   | Nivel | Estructura        | Met Explot. | CJ. TECHO     | CJ. PISO | DILELOS | A.VETA | % D |
|                         |       | Veta Flor de Loto | BAFVET      | 0.30          | 0.30     | 0.60    | 1.32   | 31% |
| Tajos                   | Nivel | Estructura        | Met Explot. | CJ. TECHO     | CJ. PISO | DILELOS | A.VETA | % D |
|                         |       | Santa Rosa        | BAF         | 0.25          | 0.25     | 0.50    | 6.97   | 7%  |
|                         |       | Santa Rosa        | CRBR        | 0.25          | 0.25     | 0.50    | 5.73   | 8%  |
| Tajos                   | Nivel | Estructura        | Met Explot. | CJ. TECHO     | CJ. PISO | DILELOS | A.VETA | % D |
|                         |       | Veta Karol        | BAFVET      | 0.60          | 0.60     | 1.20    | 2.01   | 37% |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

#### 2.7.4. RECUPERACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE RESERVAS

La recuperación por métodos de minado según estructura o sector es importante porque indica el tonelaje de mineral extraído que puede ser en menor o mayor cantidad con relación a lo planeado. La unidad minera Raura está llevando a cabo el control de la recuperación como un factor global que considera solo aspectos como el dejar puentes y pilares, pero cabe mencionar que actualmente se ha adquirido el equipo topográfico OPTECH que nos va permitir realizar un levantamiento topográfico real de los tajos mecanizado y convencional, proporcionándonos información para realizar los cálculos de la dilución y con el control de la reconciliación obtener así el factor de dilución y, por ende, la recuperación por cada método de minado ejecutado en la U.M Raura. Se estima

una pérdida de mineral de 5% por pérdida de puentes y pilares. Y recuperación minera de 92 %.

**Tabla N° 18: Resumen de reconciliación de mineral, unidad minera Raura.**

| MES         |                |                |        | Oz Ag       |             | % Cu        |             | % Pb        |             | % Zn        |             |
|-------------|----------------|----------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|             | TMS RESERVAS.  | TMS EXTRACCION |        | LEY AG RES  | LEY AG EXTR | LEY CU RES  | LEY CU EXTR | LEY PB RES  | LEY PB EXTR | LEY ZN RES  | LEY ZN EXTR |
| Enero       | 92,409         | 68,119         | 24,290 | 3.31        | 2.73        | 0.20        | 0.25        | 2.42        | 3.02        | 5.51        | 6.16        |
| Febrero     | 69,501         | 52,572         | 16,928 | 2.18        | 2.50        | 0.27        | 0.26        | 2.95        | 2.39        | 5.51        | 6.27        |
| Marzo       | 63,039         | 63,638         | -599   | 2.61        | 3.05        | 0.26        | 0.29        | 2.42        | 2.59        | 5.98        | 6.48        |
| Abril       | 59,236         | 56,017         | 3,219  | 2.43        | 3.21        | 0.25        | 0.41        | 2.15        | 2.77        | 5.56        | 6.34        |
| Mayo        | 67,065         | 64,500         | 2,565  | 3.17        | 3.06        | 0.23        | 0.22        | 3.34        | 3.02        | 6.83        | 6.34        |
| Junio       | 52,635         | 50,900         | 1,734  | 3.29        | 2.98        | 0.37        | 0.32        | 3.18        | 2.86        | 5.48        | 4.77        |
| Julio       | 41,952         | 41,410         | 542    | 2.75        | 2.70        | 0.23        | 0.20        | 2.48        | 2.34        | 5.64        | 4.97        |
| Agosto      | 43,211         | 41,680         | 1,531  | 2.96        | 2.62        | 0.20        | 0.18        | 3.40        | 2.77        | 6.11        | 5.29        |
| Septiembre  | 54,957         | 54,107         | 850    | 2.65        | 4.00        | 0.19        | 0.15        | 2.23        | 1.76        | 6.05        | 4.86        |
| Octubre     | 58,839         | 53,071         | 5,768  | 3.62        | 2.68        | 0.30        | 0.22        | 1.90        | 1.63        | 5.74        | 4.35        |
| Noviembre   | 65,476         | 63,547         | 1,930  | 3.78        | 3.35        | 0.29        | 0.25        | 2.05        | 1.79        | 5.68        | 4.91        |
| Diciembre   | 64,249         | 64,046         | 203    | 3.64        | 3.64        | 0.29        | 0.25        | 2.88        | 2.75        | 6.36        | 5.85        |
| <b>2017</b> | <b>732,569</b> | <b>673,607</b> |        | <b>3.04</b> | <b>3.07</b> | <b>0.26</b> | <b>0.25</b> | <b>2.59</b> | <b>2.48</b> | <b>5.85</b> | <b>5.58</b> |

**RECUPERACION 92%**

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

### 2.7.5. PRINCIPALES KPIS DE MINA Y PLANTA

Las consideraciones de los índices clave de rendimiento (KPIs) del presente trabajo de investigación se consideró solo las áreas mina y planta para un planeamiento tipo largo plazo (LOM).

Estos índices clave de rendimiento permiten planificar en el largo plazo las diferentes acciones operativas a mejorar en las distintas áreas unitarias. De esta forma, se cumplirá los objetivos del rendimiento que permitirá un mejor análisis del tonelaje, leyes, dilución y recuperación para mejorar los índices de productividad y, por ende, rentabilizar mejor las inversiones en minería.

Los índices clave KPIs para el planeamiento LOM de la mina y exploraciones considera el periodo 2018 al 2024, tomando en cuenta producciones diarias de 2770 toneladas.

**Tabla N° 19: KPIs Mina y Exploraciones LOM, unidad minera Raura.**

| KPI Mina                                | UND            | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024  |
|---|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| <b>Avances Contratistas</b>             |                |        |        |        |        |        |        |       |
| Exploración                             | m /1000 TM     | 0.2    | 0.2    | 0.2    | 0.2    | 0.2    | 0.1    |       |
| Desarrollos                             | m /1000 TM     | 3.3    | 3.3    | 3.3    | 3.3    | 3.3    | 2.6    |       |
| Preparaciones                           | m /1000 TM     | 9.1    | 9.1    | 9.1    | 9.1    | 9.1    | 7.3    |       |
| Chimenea RB                             | m /1000 TM     | 1.9    | 1.9    | 1.9    | 1.9    | 1.9    | 1.0    |       |
| Chimenea Allmak                         | m /1000 TM     | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |       |
| Diamantina                              | m /1000 TM     | 8.5    | 8.5    | 8.4    | 8.5    | 8.5    | 7.0    |       |
| Desquinche                              | m3 /1000 TM    | 21.3   | 21.3   | 21.2   | 21.3   | 21.3   | 21.3   | 13.7  |
| <b>Sección Promedio Contratista</b>     |                |        |        |        |        |        |        |       |
| Sección hasta 2.5 x 2.5                 | %              | 20%    | 20%    | 20%    | 20%    | 20%    | 20%    | 20%   |
| Sección entre 2.5 x 2.5 hasta 3.5 x 3.5 | %              | 53%    | 53%    | 53%    | 53%    | 53%    | 53%    | 53%   |
| Sección entre 3.5 x 3.5 hasta 5.0 x 5.0 | %              | 27%    | 27%    | 27%    | 27%    | 27%    | 27%    | 27%   |
| Sección sobre 5.0 x 5.0                 | %              | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 0%     | 0%    |
| <b>Mineral y Desmonte</b>               |                |        |        |        |        |        |        |       |
| Producción de mineral total de mina     | TPD            | 2,770  | 2,770  | 2,770  | 2,770  | 2,770  | 2,770  | 2,770 |
| Producción de mineral de avances        | TM/año         | 96,000 | 96,000 | 96,000 | 96,000 | 96,000 | 96,000 |       |
| Producción de mineral de Tajos          | TPD            | 2,507  | 2,507  | 2,508  | 2,507  | 2,507  | 2,507  | 2,770 |
| Densidad Mineral                        | TM/m3          | 3.5    | 3.5    | 3.5    | 3.5    | 3.5    | 3.5    | 3.5   |
| Densidad Desmonte                       | TM/m3          | 2.7    | 2.7    | 2.7    | 2.7    | 2.7    | 2.7    | 2.7   |
| Días trabajados en Mina                 | día            | 365    | 365    | 366    | 365    | 365    | 365    | 94    |
| <b>Diamantina Compañía</b>              |                |        |        |        |        |        |        |       |
| Consumo brocas DDH                      | pza/ 1000 m pe | 8.33   | 8.33   | 8.33   | 8.33   | 8.33   | 8.33   |       |
| Consumo tubería de perforación DDH      | pza/ 1000 m pe | 0.50   | 0.50   | 0.50   | 0.50   | 0.50   | 0.50   |       |
| Rendimiento DDH                         | m perf / Hr    | 3.33   | 3.33   | 3.33   | 3.33   | 3.33   | 3.33   |       |

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

Los índices clave KPIs para el planeamiento LOM de planta considera el tonelaje diario de producción asociado a la capacidad de planta durante este periodo.

Se considera un promedio de 341 días programados en planta durante este periodo, y una capacidad de alimentación de 2770 toneladas de tratamiento de mineral.

**Tabla N° 20: Resumen del KPIs Planta LOM, unidad minera Raura.**

| KPI Planta                 | UND         | 2018  | 2019  | 2019  | 2019  | 2019  | 2019  | 2019  |
|----------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Capacidad de procesamiento | TPD         | 2,770 | 2,770 | 2,770 | 2,770 | 2,770 | 2,770 | 2,770 |
| Días Trabajados en Planta  | días        | 341   | 341   | 342   | 341   | 341   | 341   | 88    |
| <b>Consumo Planra</b>      |             |       |       |       |       |       |       |       |
| Aceros de Molienda         | kg/TT       | 0.67  | 0.67  | 0.67  | 0.67  | 0.67  | 0.67  | 0.43  |
| Cal                        | pza/TT      | 0.37  | 0.37  | 0.37  | 0.37  | 0.37  | 0.37  | 0.24  |
| Sulfato de Cobre           | kg/TT       | 0.38  | 0.38  | 0.38  | 0.38  | 0.38  | 0.38  | 0.24  |
| Sulfato de Zinc            | kg/TT       | 0.29  | 0.29  | 0.29  | 0.29  | 0.29  | 0.29  | 0.19  |
| Xantato                    | kg/TT       | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.02  |
| Cianuro de Sodio           | kg/TT       | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
| Metil Isobutil Carbinol    | kg/TT       | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.02  |
| Costos MT642               | kg/TT       | 0.02  | 0.02  | 0.02  | 0.02  | 0.02  | 0.02  | 0.01  |
| Diesel Cargador            | Gal/Hr      | 12    | 12    | 12    | 12    | 12    | 12    | 12    |
| Llantas Cargador           | pza/1000 Hr | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     |

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

## 2.8. FLUJO DE CAJA Y VAN DEL LARGO PLAZO

El flujo de caja muestra las proyecciones del planeamiento de largo plazo. Estas proyecciones reflejan el programa de producción, los costos, las inversiones relacionadas a la operación minera, la rentabilidad de la operación con el valor actual neto es positivo. Esta rentabilidad estará condicionada a la ley de corte de proyecto, y los distintos escenarios técnicos, económicos, sociales, ambientales, etc., que atraviesa la unidad minera.

Tabla N° 21: Resumen del Flujo de Caja y VAN tipo LOM, unidad minera Raura.

| Indicadores          |                 | UM              | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | LOM Actualiz. |       |
|----------------------|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|
| Operativos           | Mineral Tratado | k t             | 945   | 945   | 947   | 945   | 945   | 945   | 245   | 5,915         |       |
|                      | Tratamiento     | TMD             | 2,770 | 2,770 | 2,770 | 2,770 | 2,770 | 2,770 | 2,770 | 2,770         |       |
|                      | Leyes           |                 |       |       |       |       |       |       |       |               |       |
|                      | Ag              | oz/t            | 2.62  | 2.91  | 2.74  | 3.11  | 3.11  | 3.12  | 2.45  | 2.91          |       |
|                      | Cu              | %               | 0.26% | 0.20% | 0.19% | 0.26% | 0.25% | 0.25% | 0.24% | 0.24%         |       |
|                      | Pb              | %               | 2.41% | 2.86% | 2.89% | 2.27% | 1.86% | 1.75% | 1.63% | 2.31%         |       |
|                      | Zn              | %               | 5.45% | 5.21% | 5.24% | 5.45% | 5.26% | 5.27% | 5.38% | 5.32%         |       |
|                      | Recuperación    |                 |       |       |       |       |       |       |       |               |       |
|                      | Ag              | %               | 78.6% | 78.8% | 78.6% | 79.0% | 79.2% | 79.1% | 75.7% | 78.8%         |       |
|                      | Cu              | %               | 25.8% | 22.1% | 21.0% | 26.9% | 27.7% | 27.1% | 27.8% | 25.5%         |       |
|                      | Pb              | %               | 89.1% | 88.8% | 89.0% | 87.8% | 86.8% | 86.0% | 85.7% | 88.1%         |       |
|                      | Zn              | %               | 92.1% | 92.1% | 92.0% | 92.1% | 92.0% | 92.1% | 92.1% | 92.1%         |       |
|                      | Producción      |                 |       |       |       |       |       |       |       |               |       |
|                      | Ag              | Moz             | 1.9   | 2.2   | 2.0   | 2.3   | 2.3   | 2.3   | 0.5   | 13.6          |       |
|                      | Cu              | k t             | 0.6   | 0.4   | 0.4   | 0.7   | 0.7   | 0.6   | 0.2   | 3.6           |       |
|                      | Pb              | k t             | 20.3  | 24.0  | 24.3  | 18.8  | 15.3  | 14.2  | 3.4   | 120.3         |       |
|                      | Zn              | k t             | 47.4  | 45.3  | 45.7  | 47.4  | 45.7  | 45.8  | 12.1  | 289.5         |       |
|                      | Zn Eq*          | k t             | 76.1  | 80.3  | 80.1  | 79.6  | 74.9  | 74.1  | 18.3  | 483           |       |
|                      | Económicos      | Mineral Tratado | k t   | 945   | 945   | 947   | 945   | 945   | 945   | 245           | 5,915 |
|                      |                 | Cash Cost       | \$/tt | 71.2  | 69.5  | 68.3  | 68.8  | 68.4  | 65.0  | 62.9          | 68.3  |
| Geología             |                 | \$/tt           | 2.4   | 2.4   | 2.4   | 2.4   | 2.4   | 2.3   | 1.8   | 2.3           |       |
| Mina                 |                 | \$/tt           | 36.5  | 36.4  | 35.4  | 35.7  | 35.4  | 32.1  | 30.5  | 35.1          |       |
| Planta Concentradora |                 | \$/tt           | 5.4   | 5.4   | 5.4   | 5.4   | 5.4   | 5.4   | 5.4   | 5.4           |       |
| Mantenimiento        |                 | \$/tt           | 8.4   | 8.4   | 8.4   | 8.4   | 8.4   | 8.4   | 8.4   | 8.4           |       |
| Energía              |                 | \$/tt           | 3.5   | 3.5   | 3.5   | 3.5   | 3.5   | 3.5   | 3.5   | 3.5           |       |
| Apoyo                |                 | \$/tt           | 13.4  | 13.4  | 13.3  | 13.4  | 13.4  | 13.4  | 13.3  | 13.4          |       |
| Estudios y Optimiz.  |                 | \$/tt           | 1.7   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.3           |       |
| Cash Cost            |                 | \$/tmf          | 884   | 817   | 808   | 816   | 862   | 829   | 842   | 836           |       |
| Capex                |                 | \$ M            | 19.4  | 28.6  | 26.1  | 4.3   | 11.9  | 15.9  | 7.4   | 113.5         |       |
| Sostenimiento        |                 | \$ M            | 13.5  | 24.9  | 23.3  | 3.9   | 11.6  | 0.5   | 0.1   | 77.8          |       |
| Relaveras            |                 | \$ M            | 2.3   | 9.1   | 13.0  | 0.0   | 10.0  | 0.0   | 0.0   | 34.4          |       |
| Normativo            |                 | \$ M            | 1.2   | 1.8   | 2.0   | 0.3   | 0.3   | 0.3   | 0.3   | 5.9           |       |
| Cierre de Mina       |                 | \$ M            | 3.6   | 1.9   | 0.9   | 0.1   | 0.1   | 15.2  | 7.0   | 28.8          |       |
| Crecimiento          | \$ M            | 1.1             | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 1.1   |               |       |
| All-in Cash Cost*    | \$/tmf          | 1,218           | 1,241 | 1,202 | 938   | 1,092 | 1,118 | 1,555 | 1,151 |               |       |

| Flujo de Caja y Valorización |                                |             |           |           |           |           |           |           |            |            |
|------------------------------|--------------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Financieros                  | Ventas                         | \$ M        | 166       | 160       | 154       | 152       | 143       | 141       | 34         | 950        |
|                              | Costo de Producción            | \$ M        | -67       | -66       | -65       | -65       | -65       | -61       | -15        | -404       |
|                              | Gasto Administrativo           | \$ M        | -1        | -1        | -1        | -1        | -1        | -1        | -1         | -7         |
|                              | Gasto de Ventas                | \$ M        | -5        | -5        | -5        | -4        | -4        | -5        | -5         | -32        |
|                              | Participaciones                | \$ M        | -6        | -6        | -5        | -5        | -5        | -4        | 0          | -30        |
|                              | Otros Ingresos / Gastos        | \$ M        | -3        | -1        | -1        | -1        | -1        | -1        | 0          | -8         |
|                              | <b>EBITDA</b>                  | <b>\$ M</b> | <b>84</b> | <b>82</b> | <b>77</b> | <b>75</b> | <b>67</b> | <b>70</b> | <b>13</b>  | <b>468</b> |
|                              | Regalías & IEM                 | \$ M        | -6        | -6        | -5        | -5        | -4        | -3        | 0          | -28        |
|                              | Impuesto a la Renta            | \$ M        | -20       | -20       | -18       | -18       | -16       | -13       | 0          | -105       |
|                              | <b>Flujo de Caja Operativo</b> | <b>\$ M</b> | <b>58</b> | <b>57</b> | <b>54</b> | <b>52</b> | <b>47</b> | <b>54</b> | <b>13</b>  | <b>335</b> |
|                              | Capex                          | \$ M        | -19       | -29       | -26       | -4        | -12       | -16       | -7         | -113       |
|                              | <b>Free Cash Flow</b>          | <b>\$ M</b> | <b>38</b> | <b>28</b> | <b>28</b> | <b>48</b> | <b>35</b> | <b>38</b> | <b>5</b>   | <b>221</b> |
| <b>NPV @ 10.0%</b>           | <b>\$ M</b>                    |             |           |           |           |           |           |           | <b>158</b> |            |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

## 2.9. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

**Minería:** Se conoce como minería a toda aquella actividad productiva en la que se extraen, explotan o benefician los minerales depositados en el suelo y en el subsuelo. De acuerdo con sus características físicas y químicas, los minerales se clasifican en metálicos, no metálicos y energéticos. Adicionalmente, se incluye la captación de información de los servicios relacionados a la minería, entre los que destaca la exploración minera y la perforación de pozos de petróleo y de gas.

**Geomecánica:** Implica el estudio geológico del comportamiento del suelo y rocas. Son las dos principales disciplinas de la geomecánica la mecánica de suelos y mecánica de rocas.

La primera trata del comportamiento de suelo desde pequeña escala a una escala de talúd. Este último se refiere a temas en ciencias de la tierra relacionados con la caracterización de masas de las rocas y de la mecánica de las rocas, cómo se aplica a la industria del petróleo o altas profundidades, diseño de túneles, rotura de las rocas, y los útiles de perforación. Muchos aspectos de la geomecánica se superponen con partes de la Ingeniería Geotécnica, y de la Ingeniería Geológica. Los avances modernos se refieren a sismología, mecánica de medios continuos, mecánicos discontinuos y Fenómenos de Transporte.



**Mineral:** Compuesto químico inorgánico, de origen natural, que posee una estructura interna y composición química característica, formado como resultado de procesos geológicos. Un mineral puede estar constituido por un solo elemento (nativos, como, por ejemplo: oro, plata, cobre) o, más comúnmente, por una asociación de distintos elementos (sulfuros, carbonatos, óxidos, etc.) En la actualidad, se han reconocido más de 3.000 especies de minerales.

**RMR:** (RMR, Rock Mass Rating): Clasificación geotécnica del macizo rocoso, (Beniawaski o Laubscher).

**Dilución:** Mezcla de mineral con estéril producto de la tronadura y/o carguío. Tiene consecuencia directa en la menor recuperación de mineral en los procesos de beneficio.

**Dureza:** La capacidad que tiene el mineral para rayar o dejarse rayar por otros minerales u objetos; depende de la estructura cristalina, y por lo tanto de la fuerza de enlace químico.

**Yacimiento:** Masa de roca localizada en la corteza terrestre que contiene uno a varios minerales en cantidad suficiente como para ser extraídos con beneficio económico. Existen yacimientos de diferentes tipos, pero en el caso del cobre, los de mayor volumen corresponden a los denominados pórfidos cupríferos.

**Veta:** Masa tubular de material mineral, depositada en fisuras, grietas o hendiduras de un cuerpo rocoso y de composición distinta a la sustancia en que está incrustada.

**Voladuras:** Procesos de fragmentación y desplazamiento de la roca mediante el uso de explosivos.

**Dureza:** La capacidad que tiene el mineral para rayar o dejarse rayar por otros minerales u objetos; depende de la estructura cristalina, y por lo tanto de la fuerza de enlace químico.

**Geología:** Parte de las ciencias naturales que estudia las características físicas de la Tierra, su forma, constitución y origen. La Geología abarca una serie de ciencias como la mineralogía, cristalografía, petrografía, morfología, geodinámica, entre otras.

**Malla de perforación:** Plano que identifica la disposición de la perforación en una zona determinada de la mina. Este plano sirve para realizar la perforación. Contiene la siguiente información básica: zona, número de perforaciones, profundidad y diámetro de perforación.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. MÉTODO Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación que se utilizó en la siguiente tesis es el método científico.

##### **a. Método general**

En la investigación, se utilizó el método general inductivo – deductivo, el cual tiene como objetivo examinar e indagar los criterios técnicos y económicos. De esta manera, el método de minado en la producción nos dará resultados aplicando los parámetros de implementación. La evaluación de los criterios técnicos económicos se utilizó para saber la incidencia en el mejoramiento de la productividad disminuyendo así la dilución y teniendo una mejora en la recuperación del mineral de la Unidad Minera Raura.

##### **b. Métodos específicos**

La presente investigación comprende el tratamiento de la variable que se presentan a continuación.

- Compilación de la data interna de la Unidad Minera
- Salida a campo (Observación)
- Procesamiento de datos (Gabinete)
- Conclusiones.

Compilación de la data interna de la Unidad Minera Raura a base de datos actuales de informes y reportes.

Salida a campo: Se desarrolló la recolección de datos con el personal especializado de la Unidad Minera Raura.

Procesamiento de datos: Se desarrollaron distintos cálculos en gabinete para el análisis de las variables de dilución y recuperación de mineral en el escenario tipo LOM.

Conclusiones: Se obtuvo distintos resultados mediante el análisis del plan de minado, CAPEX y OPEX del área de la zona Hadas, la cual posibilitó desarrollar un análisis técnico y económico, para hallar el Valor Presente Neto.

### **3.1.2. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación es aplicada.

#### **a. Tipo de investigación**

El método de investigación que se utilizó en esta tesis es el método científico, cuyo propósito es dar solución a situaciones o problemas concretos e identificables. La investigación aplicada parte (por lo general, aunque no siempre) del conocimiento generado por la investigación básica, tanto para identificar problemas sobre los que se debe intervenir como para definir las estrategias de solución.

El tipo de investigación del presente trabajo es aplicado, ya que se busca aplicar propósitos prácticos para solucionar problemas en un objeto o situación de estudio.

#### **b. Nivel de investigación**

Se desarrolló la investigación descriptiva, ya que su propósito es explicar las características y propiedades del elemento de estudio de estructura sistemática, cualitativamente, cuantitativamente y completa.

Tiene como finalidad la descripción de los elementos analizados en la investigación del presente trabajo.

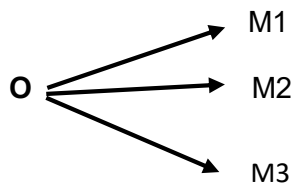
### 3.1.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En la investigación, se utilizó el diseño no experimental.

### 3.1.4. TIPO DE DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo, se aplicó el diseño no experimental de corte longitudinal (evolutivo). La investigación se ejecutó en un lapso de 04 meses, en donde se controló y registró las variables, en el tiempo del estudio se observaron cambios. En el trabajo no se modificarán las variables. Nuestro enfoque se basa únicamente en observar y estudiar los criterios técnicos económicos en la evaluación de las variables de dilución y recuperación del plan de minado tipo LOM en la Unidad Minera Raura.

En la investigación, se indagará las incidencias y se empleará el diseño no experimental de tipo transversal descriptivo.



- **O:** Observación que se hace a la población.
- **M:** Muestras de la población

### 3.1.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### a. Población

Para la presente investigación, la población estará constituida por la Unidad Minera Raura en la zona del sector Hadas.

#### b. Muestra

En la investigación, la muestra estará constituida por la zona del sector Hadas de la Unidad minera Raura.

### **3.1.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.1.6.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

La hipótesis propuesta en el trabajo tiene como objetivo realizar un estudio no experimental de tipo descriptivo que nos ayudará a ejecutar la investigación. Por tal motivo, se ejecutó la búsqueda de fuentes bibliográficas relacionadas a la investigación. Por ejemplo: libros, informes de tesis, informes internos de la empresa, revistas, publicaciones, boletines, etc. De esta manera, se hizo el análisis respectivo por los participantes, con elementos teóricos relacionados al estudio y, para terminar, se ejecutó el método de tratamiento de datos para el estudio realizando así comparaciones con los resultados obtenidos.

#### **3.1.6.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

Los instrumentos utilizados en la recolección de datos de la Unidad Minera Raura, histórica económica con la que se desarrolló un estudio interno y externo. Para culminar, se sistematizó la data de los patrones con mayor rendimiento, permitiéndonos estructurar los parámetros y la factibilidad de nuestra investigación.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Finalmente, se muestran los efectos de la investigación presentando los análisis técnicos y económicos de la mejora de la recuperación y control de la dilución del método de minado Sublevel Stopping con taladros largos aplicado en la zona Hadas de la Unidad Minera Raura.

##### **4.1.1. ANÁLISIS DE LAS RESERVAS DE MINERAL EN LA ZONA HADAS**

Los recursos medidos e indicados en la unidad minera Raura consideran los sectores de Catuva, Esperanza, Gayco y Hadas, siendo este último el que representa la mayor importancia en la unidad minera.

El mayor porcentaje de las reservas probadas y probables están en las estructuras Cuerpo Breka, Cuerpo Hadas 1, Cuerpo Vanessa. El Planeamiento se focalizó en esos sectores para centralizar las operaciones de desarrollos, preparaciones y explotación con métodos altamente productivos y de bajo costo.

**Tabla N° 22: Recursos medidos e indicados de las diferentes zonas en la unidad minera Raura.**

| CERTEZA               | SECCION   | TMS_RECURSOS      | A.V.         | Cu%         | Pb%         | Zn%         | AgOz        | US\$       |
|-----------------------|-----------|-------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| MEDIDO                | CATUVA    | 186,100           | 5.14         | 0.93        | 0.75        | 1.49        | 2.58        | 88         |
|                       | ESPERANZA | 309,800           | 1.46         | 0.50        | 1.94        | 3.45        | 5.42        | 181        |
|                       | GAYCO     | 15,800            | 1.58         | 1.50        | 4.80        | 7.33        | 13.67       | 430        |
|                       | HADAS     | 4,662,500         | 31.28        | 0.23        | 2.29        | 5.35        | 2.59        | 188        |
| <b>Total MEDIDO</b>   |           | <b>5,174,200</b>  | <b>28.46</b> | <b>0.27</b> | <b>2.22</b> | <b>5.11</b> | <b>2.79</b> | <b>185</b> |
| INDICADO              | CATUVA    | 159,700           | 4.53         | 0.80        | 1.34        | 2.41        | 3.16        | 124        |
|                       | ESPERANZA | 166,100           | 1.18         | 0.48        | 1.95        | 3.25        | 5.22        | 175        |
|                       | GAYCO     | 13,900            | 2.08         | 1.26        | 3.83        | 7.83        | 14.63       | 432        |
|                       | HADAS     | 3,516,200         | 11.68        | 0.22        | 1.62        | 4.04        | 2.31        | 145        |
| <b>Total INDICADO</b> |           | <b>3,855,900</b>  | <b>10.89</b> | <b>0.26</b> | <b>1.63</b> | <b>3.96</b> | <b>2.52</b> | <b>147</b> |
| INFERIDO              | ABRA      | 23,700            | 2.65         | 1.01        | 0.47        | 2.06        | 2.14        | 90         |
|                       | CATUVA    | 413,800           | 3.38         | 0.32        | 1.45        | 3.77        | 3.15        | 148        |
|                       | ESPERANZA | 446,200           | 1.36         | 0.49        | 2.23        | 3.62        | 5.48        | 191        |
|                       | GAYCO     | 5,200             | 1.92         | 1.19        | 4.49        | 8.42        | 14.98       | 460        |
| <b>Total INFERIDO</b> |           | <b>16,367,000</b> | <b>14.19</b> | <b>0.35</b> | <b>1.40</b> | <b>6.39</b> | <b>2.28</b> | <b>191</b> |
| <b>Total general</b>  |           | <b>25,397,100</b> | <b>16.60</b> | <b>0.32</b> | <b>1.60</b> | <b>5.76</b> | <b>2.42</b> | <b>183</b> |

| CERTEZA      | SECCIÓN      | RECURSOS (TMS)   | A.V. (m)     | Cu(%)       | Pb (%)      | Zn (%)      | Ag (Oz)     | V.M.(US\$) |
|--------------|--------------|------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| MEDIDO       | HADAS        | 4,662,500        | 31.28        | 0.23        | 2.29        | 5.35        | 2.59        | 188        |
| INDICADO     | HADAS        | 3,516,200        | 11.68        | 0.22        | 1.62        | 4.04        | 2.31        | 145        |
| <b>TOTAL</b> | <b>HADAS</b> | <b>8,178,700</b> | <b>22.85</b> | <b>0.23</b> | <b>2.00</b> | <b>4.79</b> | <b>2.47</b> | <b>170</b> |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

**a. Análisis e interpretación de resultados:**

- Las operaciones de mina se encuentran centralizadas en la zona sur de Raura, ubicadas en el sector de Hadas, donde se encuentra el 95.6% de las reservas y el 93% de los recursos.
- El total de recursos en el sector Hadas es de 8'178,700 toneladas con leyes medias de Cu 0.23%, Pb 2.0%, Zn 4.79% y Ag 2.47Oz, con una extensión de estructura de 22.85 metros de ancho y una valoración de mineral en US \$ 170 /Tn.

**4.1.2. PRODUCCIÓN DE MINERAL 2019 PROGRAMADA Y REAL**

Partiendo del Inventario de Recursos y Reservas al 31 de diciembre del 2017, el Plan Operativo 2018 y LOM considera como objetivo la producción de 5.9 Mt de mineral con ley promedio de 0.24 %Cu, 2.31 %Pb, 5.32 %Zn y 2.91 Oz/t Ag. El tonelaje es el resultado de la estimación de las reservas (Probado + Probables), no se consideran los recursos inferidos.

**Tabla N° 23: Producción programada y real durante el periodo 2019 en la unidad minera Raura.**

**PROGRAMADO 2019**

| Valores   | ENERO  | FEBRERO | MARZO  | ABRIL  | MAYO   | JUNIO  | JULIO  | AGOSTO        | SETIEMBRE     | OCTUBRE       | NOVIEMBRE     | DICIEMBRE     | TOTAL   |
|-----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------|
| TONELADAS | 84,075 | 75,525  | 84,075 | 81,225 | 84,075 | 81,225 | 84,075 | <b>84,075</b> | <b>81,225</b> | <b>84,075</b> | <b>81,225</b> | <b>84,075</b> | 988,949 |
| %Cu       | 0.178  | 0.17    | 0.16   | 0.16   | 0.20   | 0.20   | 0.17   | 0.21          | 0.17          | 0.16          | 0.14          | 0.14          | 0.17    |
| %Pb       | 2.063  | 1.68    | 1.64   | 1.80   | 1.69   | 2.02   | 1.97   | 2.28          | 1.81          | 1.34          | 1.51          | 1.57          | 1.78    |
| %Zn       | 3.87   | 3.88    | 3.64   | 4.47   | 4.96   | 4.94   | 3.99   | 4.68          | 4.22          | 4.16          | 4.49          | 4.67          | 4.33    |
| Oz_Ag     | 2.085  | 1.96    | 2.42   | 2.68   | 2.61   | 2.58   | 2.55   | 2.40          | 2.35          | 2.31          | 2.56          | 2.89          | 2.45    |
| VM_R      | 128    | 120     | 120    | 139    | 151    | 154    | 135    | 151           | 133           | 122           | 133           | 139           | 136     |

**REAL 2019**

| Valores   | ENERO  | FEBRERO | MARZO  | ABRIL  | MAYO   | JUNIO  | JULIO  | AGOSTO        | SETIEMBRE     | OCTUBRE       | NOVIEMBRE     | DICIEMBRE     | TOTAL   |
|-----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------|
| TONELADAS | 83,594 | 73,902  | 84,602 | 80,591 | 84,746 | 82,023 | 84,920 | <b>85,017</b> | <b>81,510</b> | <b>84,665</b> | <b>86,100</b> | <b>84,665</b> | 996,335 |
| %Cu       | 0.248  | 0.26    | 0.38   | 0.33   | 0.24   | 0.25   | 0.22   | 0.23          | 0.27          | 0.20          | 0.18          | 0.22          | 0.25    |
| %Pb       | 1.794  | 1.74    | 1.63   | 1.85   | 1.89   | 2.18   | 1.86   | 1.85          | 1.91          | 1.75          | 1.88          | 1.88          | 1.85    |
| %Zn       | 4.36   | 4.19    | 3.95   | 4.24   | 4.88   | 5.19   | 4.60   | 4.42          | 4.51          | 4.54          | 4.59          | 4.51          | 4.50    |
| Oz_Ag     | 1.827  | 2.06    | 2.43   | 2.44   | 2.38   | 2.43   | 2.42   | 2.26          | 2.62          | 2.77          | 2.58          | 2.89          | 2.43    |
| VM_R      | 131    | 129     | 128    | 135    | 151    | 160    | 143    | 138           | 144           | 142           | 142           | 142           | 140     |

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**



**a. Análisis e interpretación de resultados:**

- La producción de mineral, para el periodo 2019, se programó un tonelaje de 988,949 toneladas siendo el tonelaje real de 996,335 toneladas, generando un incremento de 7,386 toneladas.
- La recuperación de mineral en 7,386 toneladas
- Las leyes de cabeza programadas fueron de 0.17%Cu, 1.78 %Pb, 4.33 %Zn y 2.45 Oz/t Ag y las leyes de cabeza del tonelaje producido fue de 0.25%Cu, 1.85 %Pb, 4.50 %Zn y 2.43 Oz/t Ag, siendo el incremento en leyes de cabeza de 0.08%Cu, 0.07 %Pb y 0.17 %Zn, mejorando el valor de mineral.
- El valor de mineral programado fue de US \$136 por tonelada, incrementando al valor de mineral en US \$ 140 por tonelada; este incremento de valor es producto del incremento de leyes de cabeza.
- El incremento de la producción en 7,386 toneladas generará el aumento de los ingresos en US \$ 1'034,040, para el periodo 2019.

#### **4.1.3. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA PRODUCCIÓN, RECURSOS Y LEYES**

La Unidad Minera Raura, con más de 50 años de operación, ha mantenido su ritmo de producción. Se observa que es posible incrementar recursos mediante los respectivos estudios geológicos y una adecuada campaña de exploración diamantina.

La evolución de los recursos históricos comparados con el mineral tratado entre el periodo 2006 al 2017. El volumen de recursos se ha incrementado, pero las leyes en general de producción siguen una tendencia creciente. Los volúmenes de recursos se han incrementado en los 4 últimos años como resultado de los programas de exploración diamantina en la zona sur de la mina Raura, considerando el potencial de recursos en la zona Hadas.

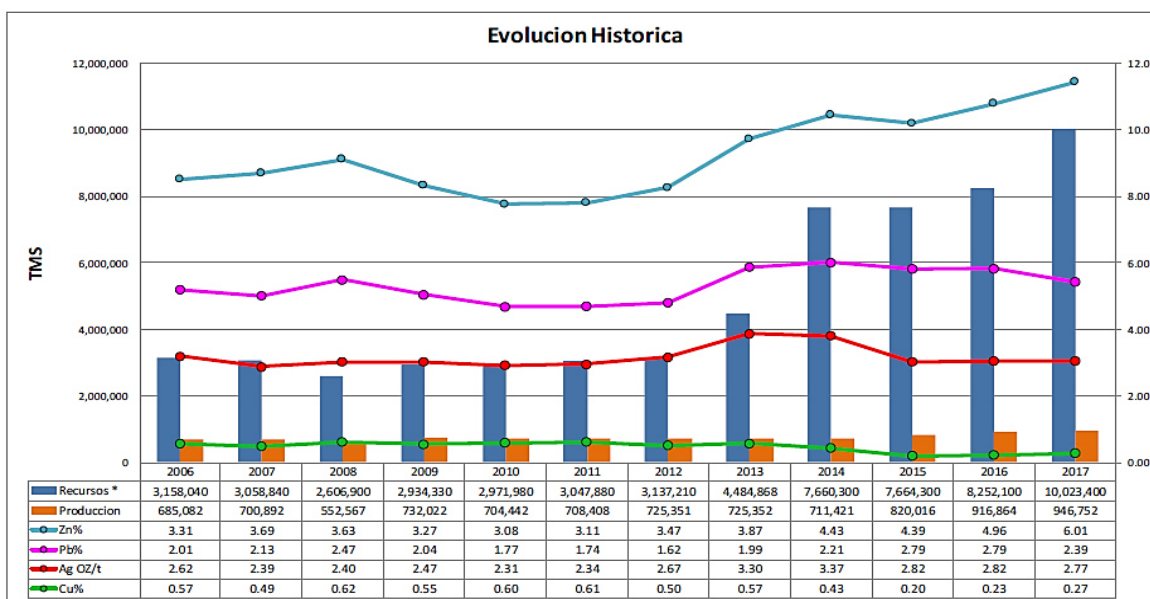
Tabla N° 24: Evolución histórica de recursos, producción y leyes en la unidad minera Raura.

| Evolucion Historica de Recursos, Produccion y Leyes |            |            |         |      |      |      |
|---|------------|------------|---------|------|------|------|
| Año   | Recursos*  | Producción | Ag Oz/t | Cu%  | Pb%  | Zn%  |
| 2006  | 3,158,040  | 685,082    | 2.62    | 0.57 | 2.01 | 3.31 |
| 2007  | 3,058,840  | 700,892    | 2.39    | 0.49 | 2.13 | 3.69 |
| 2008  | 2,606,900  | 552,567    | 2.4     | 0.62 | 2.47 | 3.63 |
| 2009  | 2,934,330  | 732,022    | 2.47    | 0.55 | 2.04 | 3.27 |
| 2010  | 2,971,980  | 704,442    | 2.31    | 0.6  | 1.77 | 3.08 |
| 2011  | 3,047,880  | 708,408    | 2.34    | 0.61 | 1.74 | 3.11 |
| 2012  | 3,137,210  | 725,351    | 2.67    | 0.5  | 1.62 | 3.47 |
| 2013  | 4,484,868  | 725,352    | 3.3     | 0.57 | 1.99 | 3.87 |
| 2014  | 7,660,300  | 711,421    | 3.37    | 0.43 | 2.21 | 4.43 |
| 2015  | 7,664,300  | 820,016    | 2.82    | 0.2  | 2.79 | 4.39 |
| 2016  | 8,252,100  | 916,864    | 2.82    | 0.23 | 2.79 | 4.96 |
| 2017  | 10,023,400 | 946,752    | 2.77    | 0.27 | 2.39 | 6.01 |

\* Los recursos = medido + indicado, no se considera los inferidos

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

Figura N° 30: Gráfico de la evolución histórica de los recursos, producción y leyes, unidad minera Raura.



Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

a. Análisis e interpretación de resultados:

- El incremento de recursos desde el año 2006 al 2017 fue de 6'865,360 toneladas con un incremento sustancial de zinc de 3.31

% a 6.01%. Este incremento de recursos es función del incremento de los programas de exploraciones y el descubrimiento de nuevas zonas mineralizadas, como es el caso del sector sur del yacimiento en la zona Hadas.

- La producción se incrementó de 685,082 toneladas a 946,752 toneladas en el mismo periodo, con un incremento en capacidad de planta de producciones diarias de 2,000 tpd a 2,770 tpd actualmente.
- El incremento de producción se genera producto del desarrollo y explotación de niveles profundos y la aplicación de métodos de minado mecanizados como Cut and Fill, Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos, el cual se incrementó a partir del periodo 2017.

#### **4.1.4. MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN POR SECTORES**

El método de corte y relleno ascendente (Cut and Fill) está estrechamente correlacionado al tipo de estructura mineralizada que se encuentra en dicho yacimiento, y la explotación del macizo rocoso aplicando método de taladros largos. Por consiguiente, la Unidad Minera Raura está incrementando la productividad, debido al aumento de los precios de los metales; de esta manera, los costos de producción son menores. De esta forma es que la unidad minera está cambiando a métodos de explotación en gran escala como es el Sub Level Stopping, haciendo uso así en las diversas zonas donde se operan; por ejemplo, Cpo. Hadas 1, Cpo. Santa Rosa, Cpo. Vanessa, Veta Karol, Veta karol 1, Cpo. Farallón y Cpo Karol; es así que el método de explotación convencional se ha cambiado a métodos de taladros largos; por consiguiente, la unidad minera Raura, desde el año 2016, se mecanizó al 100%

Tabla N° 25: Producción por Método de explotación 2017 y 2018, unidad minera Raura.

### Produccion por Metodo de Explotacion

| <b>METODO</b>                         | <b>REAL2017</b> | <b>%</b>    | <b>PSP 2018</b> | <b>%</b>    |
|---------------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
| Corte y Relleno Ascendente Mecanizado | 212632          | 23%         | 204410          | 22%         |
| Bench and Fill Stoping Avoca          | 438521          | 47%         | 495930          | 53%         |
| Sub Level Stoping Longitudinal        | 73879           | 8%          | 148230          | 15%         |
| Avances                               | 204381          | 22%         | 96000           | 10%         |
| <b>TOTAL RAURA</b>                    | <b>929413</b>   | <b>100%</b> | <b>944570</b>   | <b>100%</b> |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

**Tabla N° 26: Producción por método de explotación 2019, unidad minera Raura.**

**PRODUCCIÓN 2019**

| MÉTODO                 | Valores   | ENERO         | FEBRERO       | MARZO         | ABRIL         | MAYO          | JUNIO         | JULIO         | AGOSTO        | SETIEMBRE     | OCTUBRE       | NOVIEMBRE     | DICIEMBRE     | TOTAL          | INCIDENCIA (%) |
|------------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| TL                     | TONELADAS | 45,442        | 47,330        | 56,105        | 55,735        | 60,742        | 54,944        | 54,589        | 52,060        | 63,301        | 60,229        | 60,120        | 61,152        | 671,750        | 67             |
|                        | %Cu       | 0.26          | 0.32          | 0.47          | 0.32          | 0.24          | 0.26          | 0.22          | 0.28          | 0.27          | 0.22          | 0.18          | 0.22          | 0.27           |                |
|                        | %Pb       | 2.05          | 1.78          | 1.65          | 1.96          | 2.16          | 2.49          | 1.95          | 2.12          | 1.85          | 1.74          | 1.91          | 1.89          | 1.96           |                |
|                        | %Zn       | 4.64          | 4.33          | 3.71          | 4.27          | 5.43          | 5.57          | 5.08          | 5.01          | 4.44          | 4.60          | 4.54          | 4.47          | 4.68           |                |
|                        | Oz_Ag     | 1.66          | 1.94          | 2.36          | 2.54          | 2.53          | 2.70          | 2.60          | 2.38          | 2.70          | 3.03          | 2.83          | 3.17          | 2.57           |                |
|                        | VM_R      | 138           | 131.31        | 124.08        | 138.56        | 168           | 175           | 155           | 155           | 142           | 145           | 144           | 145           | 147            |                |
| CRBR                   | TONELADAS | 11,752        | 9,352         | 7,885         | 3,795         | 8,149         | 9,017         | 2,915         | 5,084         |               |               |               |               | 57,948         | 6              |
|                        | %Cu       | 0.19          | 0.10          | 0.22          | 0.30          | 0.16          | 0.24          | 0.17          | 0.09          |               |               |               |               | 0.18           |                |
|                        | %Pb       | 1.39          | 1.29          | 1.62          | 1.26          | 1.34          | 1.66          | 0.89          | 1.16          |               |               |               |               | 1.38           |                |
|                        | %Zn       | 3.57          | 2.70          | 3.65          | 2.77          | 2.56          | 2.96          | 1.92          | 2.15          |               |               |               |               | 2.94           |                |
|                        | Oz_Ag     | 2.61          | 2.03          | 2.20          | 1.71          | 2.21          | 2.04          | 2.10          | 2.39          |               |               |               |               | 2.21           |                |
|                        | VM_R      | 117.70        | 93.05         | 118           | 91            | 96            | 106           | 75            | 86            |               |               |               |               | 102            |                |
| AVANCES                | TONELADAS | 19,885        | 17,220        | 20,611        | 21,061        | 15,856        | 18,061        | 23,225        | 23,724        | 18,209        | 24,436        | 25,980        | 23,513        | 251,781        | 25             |
|                        | %Cu       | 0.29          | 0.18          | 0.19          | 0.37          | 0.28          | 0.22          | 0.23          | 0.14          | 0.26          | 0.15          | 0.19          | 0.21          | 0.22           |                |
|                        | %Pb       | 1.71          | 1.89          | 1.61          | 1.67          | 1.11          | 1.48          | 1.75          | 1.45          | 2.12          | 1.79          | 1.81          | 1.84          | 1.70           |                |
|                        | %Zn       | 4.83          | 4.62          | 4.70          | 4.43          | 3.93          | 5.12          | 3.90          | 3.69          | 4.74          | 4.40          | 4.70          | 4.59          | 4.46           |                |
|                        | Oz_Ag     | 1.79          | 2.39          | 2.73          | 2.31          | 1.92          | 1.77          | 2.04          | 2.01          | 2.34          | 2.13          | 1.99          | 2.15          | 2.13           |                |
|                        | VM_R      | 137           | 141.89        | 142.08        | 134.41        | 116           | 139           | 124           | 115           | 148           | 132           | 136           | 134           | 133            |                |
| STOCK_CANCHAS          | TONELADAS | 6,515         |               |               |               |               |               | 4,191.67      | 4,149.44      |               |               |               |               | 14,855.76      | 1              |
|                        | %Cu       | 0.12          |               |               |               |               |               | 0.21          | 0.24          |               |               |               |               | 0.18           |                |
|                        | %Pb       | 1.00          |               |               |               |               |               | 1.95          | 1.60          |               |               |               |               | 1.44           |                |
|                        | %Zn       | 2.46          |               |               |               |               |               | 4.03          | 3.97          |               |               |               |               | 3.32           |                |
|                        | Oz_Ag     | 1.70          |               |               |               |               |               | 2.43          | 1.95          |               |               |               |               | 1.98           |                |
|                        | VM_R      | 80.67         |               |               |               |               |               | 134.24        | 122.50        |               |               |               |               | 107.47         |                |
| <b>Total TONELADAS</b> |           | <b>83,594</b> | <b>73,902</b> | <b>84,602</b> | <b>80,591</b> | <b>84,746</b> | <b>82,023</b> | <b>84,920</b> | <b>85,017</b> | <b>81,510</b> | <b>84,665</b> | <b>86,100</b> | <b>84,665</b> | <b>996,335</b> | <b>100</b>     |
| Total %Cu              |           | 0.248         | 0.26          | 0.38          | 0.33          | 0.24          | 0.25          | 0.22          | 0.23          | 0.27          | 0.20          | 0.18          | 0.22          | 0.25           |                |
| Total %Pb              |           | 1.794         | 1.74          | 1.63          | 1.85          | 1.89          | 2.18          | 1.86          | 1.85          | 1.91          | 1.75          | 1.88          | 1.88          | 1.85           |                |
| Total %Zn              |           | 4.36          | 4.19          | 3.95          | 4.24          | 4.88          | 5.19          | 4.60          | 4.42          | 4.51          | 4.54          | 4.59          | 4.51          | 4.50           |                |
| Total Oz_Ag            |           | 1.827         | 2.06          | 2.43          | 2.44          | 2.38          | 2.43          | 2.42          | 2.26          | 2.62          | 2.77          | 2.58          | 2.89          | 2.43           |                |
| Total VM_R             |           | 131           | 129           | 128           | 135           | 151           | 160           | 143           | 138           | 144           | 142           | 142           | 142           | 140            |                |

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

**Tabla N° 27: Producción por método de explotación proyectado 2020, unidad minera Raura.**

**PROYECTADO 2020**

| METODO          | Valores          | ENERO            | FEBRERO          | MARZO            | ABRIL            | MAYO             | JUNIO            | JULIO            | AGOSTO           | SETIEMBRE        | OCTUBRE          | NOVIEMBR         | DICIEMBRE        | TOTAL             | INCIDENCIA (%) |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|----------------|
| <b>TL</b>       | <b>TONELADAS</b> | <b>60,399.79</b> | <b>60,586.70</b> | <b>60,112.73</b> | <b>56,495.93</b> | <b>57,577.82</b> | <b>57,196.42</b> | <b>60,552.55</b> | <b>56,064.17</b> | <b>57,728.03</b> | <b>59,104.79</b> | <b>61,632.55</b> | <b>65,013.23</b> | <b>712,464.71</b> | <b>70</b>      |
|                 | %Cu              | 0.22             | 0.20             | 0.22             | 0.23             | 0.21             | 0.17             | 0.14             | 0.16             | 0.19             | 0.19             | 0.20             | 0.25             | 0.20              |                |
|                 | %Pb              | 1.88             | 1.45             | 1.68             | 1.42             | 1.33             | 1.52             | 2.04             | 1.93             | 1.97             | 1.68             | 1.89             | 1.37             | 1.68              |                |
|                 | %Zn              | 4.50             | 4.35             | 4.60             | 4.71             | 4.61             | 3.96             | 3.81             | 3.93             | 3.87             | 4.36             | 4.81             | 5.12             | 4.39              |                |
|                 | Oz_Ag            | 2.12             | 1.91             | 1.95             | 2.28             | 2.33             | 2.25             | 2.18             | 2.22             | 2.24             | 2.13             | 2.08             | 2.06             | 2.14              |                |
|                 | VM_R             | 116.16           | 105.67           | 113.26           | 114.65           | 112.05           | 103.74           | 107.85           | 108.78           | 109.12           | 110.98           | 120.04           | 117.87           | 111.78            |                |
| <b>AVANCES</b>  | <b>TONELADAS</b> | <b>22,830.21</b> | <b>22,643.30</b> | <b>24,552.27</b> | <b>29,604.07</b> | <b>27,087.18</b> | <b>23,163.58</b> | <b>28,417.45</b> | <b>28,600.83</b> | <b>28,371.97</b> | <b>25,560.21</b> | <b>20,162.45</b> | <b>23,956.77</b> | <b>304,950.29</b> | <b>30</b>      |
|                 | %Cu              | 0.22             | 0.25             | 0.25             | 0.25             | 0.25             | 0.25             | 0.25             | 0.25             | 0.25             | 0.25             | 0.25             | 0.25             | 0.25              |                |
|                 | %Pb              | 1.40             | 1.82             | 1.82             | 1.83             | 1.82             | 1.82             | 1.82             | 1.56             | 1.83             | 1.82             | 1.83             | 2.39             | 1.81              |                |
|                 | %Zn              | 4.82             | 4.57             | 4.58             | 4.59             | 4.58             | 4.95             | 5.08             | 4.98             | 4.87             | 4.67             | 4.61             | 4.58             | 4.75              |                |
|                 | Oz_Ag            | 2.15             | 2.37             | 2.33             | 2.35             | 2.33             | 2.40             | 2.43             | 2.34             | 2.39             | 2.40             | 2.42             | 2.42             | 2.36              |                |
|                 | VM_R             | 114.49           | 119.21           | 119.00           | 119.43           | 118.92           | 125.04           | 127.23           | 121.26           | 124.00           | 121.11           | 120.50           | 127.95           | 121.59            |                |
| Total TONELADAS |                  | 83,230           | 83,230           | 84,665           | 86,100           | 84,665           | 80,360           | 88,970           | 84,665           | 86,100           | 84,665           | 81,795           | 88,970           | 1,017,415         | 100            |
| Total %Cu       |                  | 0.216            | 0.22             | 0.23             | 0.24             | 0.22             | 0.19             | 0.18             | 0.19             | 0.21             | 0.21             | 0.21             | 0.25             | 0.21              |                |
| Total %Pb       |                  | 1.753            | 1.55             | 1.72             | 1.56             | 1.49             | 1.60             | 1.97             | 1.81             | 1.92             | 1.72             | 1.87             | 1.65             | 1.72              |                |
| Total %Zn       |                  | 4.587            | 4.41             | 4.60             | 4.67             | 4.60             | 4.24             | 4.21             | 4.29             | 4.20             | 4.45             | 4.76             | 4.98             | 4.50              |                |
| Total Oz_Ag     |                  | 2.128            | 2.03             | 2.06             | 2.31             | 2.33             | 2.29             | 2.26             | 2.26             | 2.29             | 2.21             | 2.16             | 2.15             | 2.21              |                |
| Total VM_R      |                  | 116              | 109              | 115              | 116              | 114              | 110              | 114              | 113              | 114              | 114              | 120              | 121              | 115               |                |

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

- a. Análisis e interpretación de resultados:
- Los métodos de explotación con mayor incidencia desde el periodo 2017 fueron Cut and Fill, Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos.
  - El aporte de mineral, mediante el método de explotación Corte y Relleno Mecanizado, descendió desde 212, 632 toneladas a 204, 404 toneladas en el periodo 2017 a 2018, siendo su incidencia en la producción total de la mina en 23 % y 22 % respectivamente.
  - El aporte de mineral del método de minado Bench and Fill o AVOCA se incrementó de 438,521 toneladas a 495,930 toneladas en el periodo 2017 a 2018, siendo la incidencia de 47 % y 53 % respectivamente.
  - El aporte de mineral del método de minado Sublevel Stopping se incrementó de 73,879 toneladas a 148,230 toneladas durante el periodo 2017 a 2018, siendo la incidencia en la producción de 8 % y 15 % respectivamente.
  - El incremento del método de minado Sublevel Stopping versus Bench and Fill se incrementa en mayor proporción, de acuerdo a las características geomecánicas y el uso de este método de minado en el sector Hadas, el cual representa el mayor porcentaje de recursos de la unidad minera Raura.
  - La incidencia de los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos durante el periodo 2019 representa el 67 %, el corte y relleno ascendente el 6 % y avances y stock el 26 %.
  - Para el periodo 2020, la incidencia de la aplicación del método de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos representarán la incidencia del 70 % y el 30 % de las labores de avance.
  - A partir del periodo 2020 en adelante, se considera en mayor incidencia los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel

Stoping con taladros largos, sin considerar el método de minado Cut and Fill.

#### **4.1.5. COSTOS DE OPERACIÓN (CASH COST)**

El resumen del Cash Cost total involucra las áreas de Geología, Mina, Planta, Mantenimiento, Energía, Apoyo, Optimización y Mejoras.



Tabla N° 28: Costos de Operación (Cash Cost) de los periodos 2018 y tipo LOM, unidad minera Raura.

| Costo de producción   | Unid.         | 2018          | LOM           |               |               |               |               |               | Total          |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
|                       |               |               | 2019          | 2020          | 2021          | 2022          | 2023          | 2024          |                |
| <b>Raura</b>          |               |               |               |               |               |               |               |               |                |
| Mineral Tratado Total | t             | 944,570       | 944,570       | 947,340       | 944,570       | 944,570       | 944,570       | 245,068       | 5,915,258      |
| Exploraciones         | \$t           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0            |
| Geologia              | \$t           | 2.4           | 2.4           | 2.4           | 2.4           | 2.4           | 2.3           | 1.8           | 2.3            |
| Mina                  | \$t           | 36.5          | 36.4          | 35.4          | 35.7          | 35.4          | 32.1          | 30.5          | 34.6           |
| Planta Concentradora  | \$t           | 5.4           | 5.4           | 5.4           | 5.4           | 5.4           | 5.4           | 5.4           | 5.4            |
| Mantenimiento         | \$t           | 8.4           | 8.4           | 8.4           | 8.4           | 8.4           | 8.4           | 8.4           | 8.4            |
| Energia               | \$t           | 3.5           | 3.5           | 3.5           | 3.5           | 3.5           | 3.5           | 3.5           | 3.5            |
| Apoyo                 | \$t           | 13.4          | 13.4          | 13.3          | 13.4          | 13.4          | 13.4          | 13.3          | 13.4           |
| Optimizaciony Mejoras | \$t           | 1.7           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.0           | 0.2            |
| <b>"Cash Cost"</b>    | <b>\$t</b>    | <b>71.3</b>   | <b>69.5</b>   | <b>68.4</b>   | <b>68.8</b>   | <b>68.5</b>   | <b>65.1</b>   | <b>62.9</b>   | <b>67.8</b>    |
| Exploraciones         | \$ 000        |               |               |               |               |               |               |               |                |
| Geologia              | \$ 001        | 2,242         | 2,242         | 2,242         | 2,242         | 2,242         | 2,154         | 452           | 13,816         |
| Mina                  | \$ 002        | 34,472        | 34,419        | 33,511        | 33,761        | 33,421        | 30,308        | 7,476         | 207,368        |
| Planta Concentradora  | \$ 003        | 5,078         | 5,078         | 5,087         | 5,078         | 5,078         | 5,078         | 1,316         | 31,793         |
| Mantenimiento         | \$ 004        | 7,968         | 7,968         | 7,979         | 7,968         | 7,968         | 7,968         | 2,064         | 49,883         |
| Energia               | \$ 005        | 3,295         | 3,295         | 3,305         | 3,295         | 3,295         | 3,295         | 855           | 20,635         |
| Apoyo                 | \$ 006        | 12,618        | 12,618        | 12,618        | 12,618        | 12,618        | 12,618        | 3,264         | 78,972         |
| Optimizaciony Mejoras | \$ 007        | 1,610         | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 1,610          |
| <b>Cash cost</b>      | <b>\$ 008</b> | <b>67,283</b> | <b>65,620</b> | <b>64,742</b> | <b>64,962</b> | <b>64,622</b> | <b>61,421</b> | <b>15,427</b> | <b>404,077</b> |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

a. Análisis e interpretación de resultados:

- El Cash Cost involucra los departamentos de Geología, Mina, Planta, Mantenimiento, Energía, Apoyo y se le suma el área de Estudios y Optimizaciones.
- El Cash Cost durante los periodos del 2017, 2018 y 2019 fue de US \$ 73.09 / tn, US \$ 71.3 / tn y US \$ 69.5 / tn respectivamente. Este descenso del costo de operación es por el incremento de tonelaje, producto de la aplicación de métodos de minados con taladros largos en cuerpos mineralizados y vetas angostas.
- El promedio de Cash Cost para el periodo 2018 al 2024, con una explotación de las reservas de 5 '915,258 toneladas, será de US \$ 67.8 /tn.
- El costo que incide en mayor proporción en el área de mina es el de preparación en un 32 % del costo de mina.
- El costo que incide en menor proporción es el costo de apoyo, que representa el 45 % aproximadamente del costo de mina, siendo el promedio tipo LOM de US \$ 13.4 /tn.
- El rubro de Apoyo representa las actividades de supervisión, operaciones, administración y finanzas, recursos humanos y asuntos corporativos.

#### **4.1.6. COSTOS DE INVERSIÓN (CAPEX)**

Para alcanzar los niveles de producción el 2018 en Mina, las inversiones programadas para este mismo año, que van acorde a las iniciativas claves, son las más altas y cubren aspectos de Sostenimiento, Relavera, Normativos, Cierre de Minas y Crecimiento.

La siguiente tabla resume las inversiones durante el 2018 y los años siguientes del largo plazo (LOM).

**Tabla N° 29: Costos de Inversión (CAPEX) de los periodos 2018 y tipo LOM, unidad minera Raura.**

|                    |              | 2018          | 2019          | 2020          | 2021         | 2022          | 2023          | 2024         | Total          |
|--------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|----------------|
| <b>Raura</b>       |              |               |               |               |              |               |               |              |                |
| Sostenimiento      | \$000        | 13,545        | 24,880        | 23,253        | 3,940        | 11,550        | 490           | 100          | 77,758         |
| Relavera           | \$000        | 2,265         | 9,100         | 13,000        | 0            | 10,000        | 0             | 0            | 34,365         |
| Normativo          | \$000        | 1,150         | 1,750         | 1,950         | 250          | 250           | 250           | 250          | 5,850          |
| Cierre de mina     | \$000        | 3,570         | 1,920         | 870           | 120          | 120           | 15,155        | 7,000        | 28,755         |
| Crecimiento        | \$000        | 1,100         | 0             | 0             | 0            | 0             | 0             | 0            | 1,100          |
| <b>CAPEX TOTAL</b> | <b>\$000</b> | <b>19,365</b> | <b>28,550</b> | <b>26,073</b> | <b>4,310</b> | <b>11,920</b> | <b>15,895</b> | <b>7,350</b> | <b>113,463</b> |

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

a. Análisis e interpretación de resultados:

- El Costo de inversión ejecutado y programado en los periodos 2018 al 2024 será de US \$ 113' 463, 000 con un total de reservas de 5' 915,258 toneladas.
- La mayor incidencia en el costo de inversión se realizará en el área de sostenimiento con inversiones totales de US \$ 77'758,000 y en segundo orden de importancia las inversiones estarán centralizadas en el área de relavera con US \$ 34' 365,000.
- Finalmente, otra de las áreas de importancia en el planeamiento tipo largo plazo (LOM) será el Cierre de Mina con una inversión de US \$ 28'755,000.

#### **4.1.7. PROGRAMA DE DILUCIÓN Y RECUPERACIÓN**

A partir del año 2017, se realizó los levantamientos topográficos de los tajos con el equipo OPTECH, el cual permitió tener información para el cálculo de la dilución a partir de un diseño planificado.

Las consideraciones a tomar en cuenta en los cálculos de dilución y recuperación de mineral es el método de minado a aplicarse. Como se explicó en párrafos anteriores, los métodos de minado a aplicarse en mayor proporción será el de Bench and Fill y Sublevel toping en una incidencia del 70 % y el 30 % es por aporte de labores de avance, a partir del periodo 2020 al 2024. Por lo que la aplicación del método de minado corte y relleno ascendente solo fue hasta el periodo 2019.

Tabla N° 30: Dilución e incidencia del método de minado asociados a las reservas minerales, unidad minera Raura.

| METODO DE EXPLOTACION | Reservas TMS     | Dilucion   | % Ag        | Oz/t        | %Cu         | %Pb         | %Zn        | VM US\$/t   | %INC |
|-----------------------|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------|
| SLSL                  | 2,658,801        | 15%        | 2.96        | 0.21        | 1.23        | 5.01        | 148        | 45%         |      |
| BAF                   | 2,270,206        | 18%        | 2.43        | 0.25        | 3.23        | 6.42        | 203        | 38%         |      |
| BAFVET                | 463,129          | 32%        | 3.96        | 0.34        | 3.99        | 3.57        | 181        | 8%          |      |
| CRBR                  | 523,121          | 11%        | 3.83        | 0.21        | 2.29        | 3.67        | 151        | 9%          |      |
| <b>Total general</b>  | <b>5,915,258</b> | <b>17%</b> | <b>2.91</b> | <b>0.24</b> | <b>2.31</b> | <b>0.24</b> | <b>172</b> | <b>100%</b> |      |

| METODO DE EXPLOTACION | Reservas (t)     | Dilucion   | % Ag        | Oz/t        | %Cu         | %Pb         | %Zn        | VM US\$/t   | % |
|-----------------------|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|---|
| TL                    | 5,392,136        | 11%        | 2.82        | 0.24        | 2.31        | 5.48        | 174        | 91%         |   |
| CBR                   | 523,121          | 18%        | 3.83        | 0.21        | 2.29        | 3.67        | 151        | 9%          |   |
| <b>Total general</b>  | <b>5,915,258</b> | <b>17%</b> | <b>2.91</b> | <b>0.24</b> | <b>2.31</b> | <b>5.32</b> | <b>172</b> | <b>100%</b> |   |

BAF : Bench and Fill Stopping Avoca.

BAFVET : Bench and Fill Stopping Avoca en Vetas

SLSL : Sub Level Stopping Longitudinal.

CRBR : Corte y Relleno Ascendente Mecanizado(Breasting).

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

Tabla N° 31: Dilución e incidencia del método de minado, mes de Enero del 2019, unidad minera Raura.

| Metodo               | Estructura  | %Dil.      | TMS_Pro       | %Cu.         | %Pb.         | %Zn.         | Oz Ag.      | %Fe          | VM            |
|----------------------|-------------|------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|---------------|
| TL                   | Santa Rosa  | 5%         | 4,775         | 0.34%        | 1.72%        | 3.79%        | 2.14        | 26.98        | 130.97        |
| TL                   | Santa Rosa  | 25%        | 2,888         | 0.28%        | 1.54%        | 4.47%        | 1.17        | 26.98        | 129.69        |
| TL                   | Santa Rosa  | 5%         | 5,270         | 0.61%        | 4.36%        | 5.89%        | 4.65        | 21.35        | 247.60        |
| TL                   | Farallon    | 25%        | 3,800         | 0.12%        | 2.17%        | 5.05%        | 1.82        | 8.76         | 157.43        |
| TL                   | Farallon    | 25%        | 4,748         | 0.07%        | 0.48%        | 3.39%        | 1.09        | 10.96        | 87.46         |
| TL                   | Vanessa     | 10%        | 5,029         | 0.18%        | 1.55%        | 1.66%        | 4.12        | 14.41        | 106.48        |
| TL                   | Hadas 01    | 5%         | 5,352         | 0.13%        | 0.46%        | 2.43%        | 1.60        | 5.36         | 74.54         |
| TL                   | Hadas 01    | 14%        | 10,037        | 0.11%        | 1.17%        | 3.72%        | 1.72        | 8.86         | 113.03        |
| TL                   | Hadas 01    | 10%        | 6,092         | 0.18%        | 0.50%        | 4.94%        | 0.68        | 5.36         | 114.73        |
| TL                   | Brenda      | 5%         | 4,534         | 0.25%        | 5.81%        | 6.33%        | 2.35        | 12.21        | 251.69        |
| TL                   | Breka       | 5%         | 5,890         | 0.30%        | 1.21%        | 4.13%        | 1.28        | 19.59        | 118.86        |
| <b>Total TL</b>      |             | <b>11%</b> | <b>58,416</b> | <b>0.23%</b> | <b>1.79%</b> | <b>4.09%</b> | <b>2.04</b> | <b>13.66</b> | <b>135.71</b> |
| CRBR                 | Farallon    | 9%         | 2,007         | 0.29%        | 0.65%        | 5.00%        | 1.25        | 21.55        | 126.15        |
| CRBR                 | Margot      | 11%        | 2,017         | 0.39%        | 2.98%        | 4.84%        | 3.40        | 8.06         | 187.52        |
| CRBR                 | Hadas 01    | 3%         | 2,280         | 0.05%        | 0.40%        | 2.31%        | 1.71        | 5.36         | 71.60         |
| CRBR                 | Hadas 01    | 5%         | 3,044         | 0.08%        | 0.94%        | 1.98%        | 2.89        | 8.91         | 87.62         |
| CRBR                 | R. Farallon | 8%         | 3,018         | 0.21%        | 6.10%        | 6.45%        | 2.39        | 12.59        | 259.01        |
| <b>Total CRBR</b>    |             | <b>7%</b>  | <b>12,367</b> | <b>0.19%</b> | <b>2.39%</b> | <b>4.09%</b> | <b>2.37</b> | <b>11.07</b> | <b>149.05</b> |
| Avances              | Hadas Skarn | 5%         | 13,293        | 0.15%        | 1.47%        | 4.07%        | 2.29        | 11.25        | 131.80        |
| <b>Total Avances</b> |             | <b>5%</b>  | <b>13,293</b> | <b>0.15%</b> | <b>1.47%</b> | <b>4.07%</b> | <b>2.29</b> | <b>11.25</b> | <b>131.80</b> |
| <b>Total General</b> |             | <b>10%</b> | <b>84,075</b> | <b>0.21%</b> | <b>1.83%</b> | <b>4.09%</b> | <b>2.13</b> | <b>12.90</b> | <b>137.05</b> |

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.

a. Análisis e interpretación de resultados:

- Las diluciones programadas por método de minado y reservas de mineral para el periodo 2018 al 2024, con reservas totales de 5' 915,258 toneladas, proyectaron diluciones para el método de minado Cut and Fill de 11%, Bench and Fill en cuerpos 18%, Bench and Fill en vetas angostas 325 y Sublevel Stopping 15%.
- El promedio general considerando taladros largos (Bench and Fill y Sublevel Stopping) y Cut and Fill, generaron promedios de dilución en 11% y 18% respectivamente, considerando que, a partir del 2020, el uso del método Cut and Fill será mínimo o sin uso en las operaciones mineras de la unidad.
- Las leyes de mineral diluidas, con una dilución del 11% en el método de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos y reservas de mineral de 5' 392,136 toneladas serán de 0.24%Cu, 2.31 %Pb, 5.48 %Zn y 2.82 Oz/t Ag con un valor de mineral de US \$ 174/tn y una incidencia en el plan de producción del 91%.
- Las leyes de mineral diluidas, con una dilución del 18% en el método de minado Cut and Fill y reservas de mineral de 523,121 toneladas serán de 0.21%Cu, 2.29 %Pb, 3.67 %Zn y 3.83 Oz/t Ag con un valor de mineral de US \$ 151/tn y una incidencia en el plan de producción del 9%.
- La recuperación de mineral durante los periodos 2017, 2018 y 2019 fueron del 92%, 105% y 101% respectivamente.
- Durante el periodo 2017, se programó producir un total de 735,569 toneladas y se produjo 673,607 toneladas generando un déficit de 61,962 toneladas, con un valor de mineral de US \$ 172/tn, con un ingreso bruto negativo de US \$ 10'657,464.
- Durante el periodo 2018, se programó producir un total de 944,570 toneladas y se produjo 987,373 toneladas, generando un excedente de 42,803 toneladas, con un valor de mineral de US \$ 160/tn con un ingreso bruto positivo de US \$ 6'848,480.

- Durante el periodo 2019, se programó producir un total de 988,950 toneladas y se produjo 996,335 toneladas, generando un excedente de 7,385 toneladas, con un valor de mineral de US \$ 106.74/tn un ingreso bruto de US \$ 788,274.9.
- Las diluciones generadas durante los periodos 2017, 2018 y 2019 fueron de 17%, 14% y 11% respectivamente. Esta disminución de diluciones fue producto de un mapeo geomecánico de mayor detalle y un mayor control de las variables operacionales de diseño de los métodos de minado aplicados.
- Las diluciones programadas para las reservas en el periodo 2018 al 2024, para los métodos de minado Cut and Fill, Bench and Fill y Sublevel Stopping fueron de 18%, 15% y 11% respectivamente.
- Durante el periodo programado 2019, se observa diluciones en rangos del 5% al 25% para el método de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos, generando un promedio del 11% de dilución, mientras que para el método Cut and Fill está en el rango de 3% a 11%, generando un promedio de 7% de dilución y diluciones del 5% en labores de avance (Cuerpo Hadas).
- De acuerdo al plan de producción tipo largo plazo (LOM) 2018 al 2024, la incidencia de los métodos de minado aplicados en la unidad minera a partir del 2020, se aplicarán solo los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping, generando el aporte de producción del 70% con los métodos de minado seleccionados y 30% de aporte de mineral mediante labores de avance.
- De los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping, la incidencia entre ambos métodos será mayor en el método Sublevel Stopping versus Bench and Fill.

#### **4.1.8. PRUEBA DE LA HIPÓTESIS**

En función a los estudios realizados en la presente tesis, se planteó la mejora de la recuperación de mineral y el control de la dilución de los métodos de minado, incrementando la producción, mejorando la ley de mineral y mejorando la rentabilidad económica, como hipótesis general aplicados en la zona Hadas de la Compañía Minera Raura.



**Tabla N° 32: Comparativo de recuperación y dilución periodo 2017, 2018 y 2019, unidad minera Raura.**

| MES         | RECUPERACIÓN 2017 |                |                | RECUPERACIÓN 2018 |                |                | RECUPERACIÓN 2019 |                |                | % DILUCIÓN |
|-------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|------------|
|             | TMS PROGRAMADO    | TMS EXTRACCIÓN | TMS DIFERENCIA | TMS PROGRAMADO    | TMS EXTRACCIÓN | TMS DIFERENCIA | TMS PROGRAMADO    | TMS EXTRACCIÓN | TMS DIFERENCIA |            |
| Enero       | 92,409            | 68,119         | 24,290         | 80,330            | 83,594         | -3,264         | 84,075            | 83,594         | 481            | 10         |
| Febrero     | 69,501            | 52,572         | 16,929         | 72,020            | 73,902         | -1,882         | 75,525            | 73,902         | 1,623          | 8          |
| Marzo       | 63,039            | 63,638         | -599           | 80,330            | 84,602         | -4,272         | 84,075            | 84,602         | -527           | 6          |
| Abril       | 59,236            | 56,017         | 3,219          | 77,560            | 81,225         | -3,665         | 81,225            | 80,591         | 634            | 7          |
| Mayo        | 67,065            | 64,500         | 2,565          | 80,330            | 84,075         | -3,745         | 84,075            | 84,746         | -671           | 9          |
| Junio       | 52,635            | 50,900         | 1,735          | 77,560            | 81,225         | -3,665         | 81,225            | 82,023         | -798           | 11         |
| Julio       | 41,952            | 41,410         | 542            | 80,330            | 84,075         | -3,745         | 84,075            | 84,920         | -845           | 18         |
| Agosto      | 43,211            | 41,680         | 1,531          | 80,330            | 84,075         | -3,745         | 84,075            | 85,017         | -942           | 17         |
| Setiembre   | 57,957            | 54,107         | 3,850          | 77,560            | 81,225         | -3,665         | 81,225            | 81,510         | -285           | 11         |
| Octubre     | 58,839            | 53,071         | 5,768          | 80,330            | 84,075         | -3,745         | 84,075            | 84,665         | -590           | 11         |
| Noviembre   | 65,476            | 63,547         | 1,929          | 77,560            | 81,225         | -3,665         | 81,225            | 86,100         | -4,875         | 9          |
| Diciembre   | 64,249            | 64,046         | 203            | 80,330            | 84,075         | -3,745         | 84,075            | 84,665         | -590           | 11         |
| <b>2017</b> | <b>735,569</b>    | <b>673,607</b> |                | <b>944,570</b>    | <b>987,373</b> |                | <b>988,950</b>    | <b>996,335</b> |                | <b>11</b>  |

|                         |           |                   |                         |            |                    |                         |            |                   |
|-------------------------|-----------|-------------------|-------------------------|------------|--------------------|-------------------------|------------|-------------------|
| <b>RECUPERACION (%)</b> | <b>92</b> | <b>DIL.(%) 17</b> | <b>RECUPERACIÓN (%)</b> | <b>105</b> | <b>DIL.(%) 14%</b> | <b>RECUPERACIÓN (%)</b> | <b>101</b> | <b>DIL.(%) 11</b> |
|-------------------------|-----------|-------------------|-------------------------|------------|--------------------|-------------------------|------------|-------------------|

**Fuente: Departamento de Planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

a. Análisis e interpretación de Resultados:

- De acuerdo al planeamiento tipo largo plazo, periodo 2018 al 2024, la incidencia de los métodos de minado aplicados en la unidad minera a partir del 2020, son los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping, con un aporte de producción del 70% y mediante labores de avance con el 30% de aporte de mineral.
- La recuperación de mineral durante los periodos 2017, 2018 y 2019 fueron del 92%, 105% y 101% respectivamente. Para el periodo 2017, se programó producir un total de 735,569 toneladas y se produjo 673,607 toneladas generando un déficit de 61,962 toneladas, con un valor de mineral de US \$ 172/tn, con un ingreso bruto negativo de US \$ 10'657,464. Para el periodo 2018, se programó producir un total de 944,570 toneladas y se produjo 987,373 toneladas, generando un excedente de 42,803 toneladas, con un valor de mineral de US \$ 160/tn con un ingreso bruto positivo de US \$ 6'848,480. Par el periodo 2019, se programó producir un total de 988,950 toneladas y se produjo 996,335 toneladas, generando un excedente de 7,385 toneladas, con un valor de mineral de US \$ 106.74/tn un ingreso bruto de US \$ 788,274.9.
- Las diluciones programadas por método de minado y reservas de mineral para el periodo 2018 al 2024, con reservas totales de 5' 915,258 toneladas, proyectaron diluciones para el método de minado Cut and Fill de 11%, Bench and Fill en cuerpos 18%, Bench and Fill en vetas angostas 32% y Sublevel Stopping 15%.
- Durante el periodo programado 2019, se observa diluciones entre rangos del 5% al 25% para los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos, con un promedio del 11% de dilución, mientras que para el método Cut and Fill está en el rango de 3% a 11%, generando un promedio de 7% de dilución y diluciones del 5% en labores de avance (Cuerpo Hadas).
- Las leyes de cabeza programadas fueron de 0.17%Cu, 1.78 %Pb, 4.33 %Zn y 2.45 Oz/t Ag y las leyes de cabeza del tonelaje

producido fueron de 0.25%Cu, 1.85 %Pb, 4.50 %Zn y 2.43 Oz/t Ag, siendo el incremento en las leyes de cabeza de 0.08%Cu, 0.07 %Pb y 0.17 %Zn, mejorando el valor de mineral.

## CONCLUSIONES

1. La recuperación de mineral durante los periodos 2017, 2018 y 2019 fueron del 92%, 105% y 101% respectivamente, siendo el periodo 2017 que no cumplió con el plan de producción programada y a partir de allí en adelante se mejora sustancialmente. Para el periodo 2017, se programó producir un total de 735,569 toneladas y se produjo 673,607 toneladas, generando un déficit de 61,962 toneladas, con un valor de mineral de US \$ 172/tn, con un ingreso bruto negativo de US \$ 10'657,464. Para el periodo 2018, se programó producir un total de 944,570 toneladas y se produjo 987,373 toneladas, generando un excedente de 42,803 toneladas, con un valor de mineral de US \$ 160/tn con un ingreso bruto positivo de US \$ 6'848,480. Par el periodo 2019, se programó producir un total de 988,950 toneladas y se produjo 996,335 toneladas, generando un excedente de 7,385 toneladas, con un valor de mineral de US \$ 106.74/tn un ingreso bruto de US \$ 788,274.9.
2. Las diluciones programadas por método de minado y reservas de mineral para el periodo 2018 al 2024, con reservas totales de 5' 915,258 toneladas, proyectaron diluciones para el método de minado Cut and Fill de 11%, Bench and Fill en cuerpos 18%, Bench and Fill en vetas angostas 32% y Sublevel Stopping 15%. Durante el periodo programado 2019, se observa diluciones entre rangos del 5% al 25% para los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel Stopping con taladros largos, con un promedio del 11% de dilución, mientras que para el método Cut and Fill está en el rango de 3% a 11%, generando un promedio de 7% de dilución y diluciones del 5% en labores de avance (Cuerpo Hadas).
3. Las leyes de cabeza programadas fueron de 0.17%Cu, 1.78 %Pb, 4.33 %Zn y 2.45 Oz/t Ag y las leyes de cabeza del tonelaje producido fueron de 0.25%Cu, 1.85 %Pb, 4.50 %Zn y 2.43 Oz/t Ag, siendo el incremento en las leyes de cabeza de 0.08%Cu, 0.07 %Pb y 0.17 %Zn, mejorando el valor de mineral.
4. Durante el periodo 2019, se programó un tonelaje de 988,949 toneladas siendo el tonelaje producido de 996,335 toneladas, generando un incremento de 7,386 toneladas. Las leyes de cabeza ejecutadas fueron mayores a lo programado durante el mismo periodo considerando 0.25%Cu, 1.85 %Pb, 4.50 %Zn y 2.43 Oz/t Ag, siendo el incremento en las leyes de cabeza de 0.08%Cu, 0.07 %Pb y 0.17 %Zn, mejorando el valor de mineral.
5. El valor de mineral programada fue de US \$136 por tonelada, incrementando al valor de mineral en US \$ 140 por tonelada, este incremento de valor es producto del

incremento de leyes de cabeza. Este mayor incremento de la producción en 7,386 toneladas, generará el aumento de los ingresos en US \$ 1'034,040, para el periodo 2019.

6. El incremento de la producción diaria de 2000 tpd a 2770 tpd, durante los periodos 2017 al 2019 y en el planeamiento tipo LOM, fue producto de la aplicación de los métodos de minado Bench and Fill y Sublevel Stoping con taladros largos, aplicados a cuerpos mineralizados tipo Skarn y vetas angostas.
7. Las diluciones generadas durante los periodos 2017, 2018 y 2019 fueron de 17%, 14% y 11% respectivamente. Esta disminución de diluciones fue producto de un mapeo geomecánico de mayor detalle y un mayor control de las variables operacionales de diseño de los métodos de minado aplicados.
8. Las diluciones programadas para las reservas en el periodo 2018 al 2024, para los métodos de minado Cut and Fill, Bench and Fill y Sublevel Stoping son de 18%, 15% y 11% respectivamente.
9. La incidencia de los métodos de minado durante el periodo 2019 son Sublevel Stoping y Bench and Fill con taladros largos con 91% y del método de minado Cut and Fill del 9%, considerando que a partir del periodo 2020 al 2024 la incidencia de los métodos Bench and Fill y Sublevel Stoping será del 100%.
10. El costo de operación proyectado para el 2018 es de 71.23 US \$/t y el promedio proyectado para el LOM de 68.31 US \$/t estimado con las nuevas reservas a diciembre 2017.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un análisis de riesgos de los procesos críticos en la mina y planta de procesos. Este análisis permitiría identificar riesgos en estimación de recursos, reservas, planeamiento y operación, a fin de que se generen oportunamente las medidas de mitigación necesarias.
2. Los costos por método de minado deben ser actualizados semestralmente, en base a los costos reales de la U.M Raura, considerando variables geológicas, geomecánicas y económicas (Trade Off).
3. Realizar mapeos geológicos y geomecánicos de mayor detalle en el cuerpo Hadas, ya que los yacimientos tipo Skarn generan demasiada variabilidad geológica.
4. Los accesos y rampas de acceso en Raura requieren máxima atención en mejorar el estado de las vías por su impacto en la productividad y los costos de transporte.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ROBIN, APAZA ARIVILCA EDWIN.** Implementacion de taladros largos en vetas angostas para determinar su incidencia en la productividad ,eficiencia y seguridad de las operaciones mineras-Pashsa,Mina Huaron S.A. UNSA. Arequipa : s.n., 2013. pág. 138, Tesis.
2. **GENARO, VÁSQUEZ RIVAS JUAN.** Elección y aplicación del método tajeo por subniveles con taladros largos para mejorar la producción en la veta Gina Socorro Tajo 6675 - 2 de la U.E.A. Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. JUNIN, UNCP. HUANCAYO : s.n., 2015. pág. 126, Tesis.
3. **DE LA CRUZ ESCOBAR , PLACIDO y MALLCCO IRRAZABAL, FREDY.** Aplicación de taladros largos en vetas angostas, para reducir costos de operacion en la Zona Esperanza – Cia Minera Casapalca S.A. UNH. HUANCAVELICA : s.n., 2014. pág. 72, TESIS.
4. **CARLOS JIMENEZ, IVAN ALEXANDER y RIVERA CRUZ, EDUARDO YOEL.** Ventajas Económicas de la Implementación del Método de Explotación Sublevel Stoping en Vetas Angostas frente al Método de Explotación Convencional de Corte y Relleno Ascendente en la Zona Codiciada de la Mina Morococha. UNT. TRUJILLO : s.n., 2016. pág. 83, TESIS.
5. **CAMILA, GRIGALIUNAS GOMPERTZ MARIA.** Diseño Óptimo de Minería Subterránea Auto Soportada. Universidad de Chile. Santiago de Chile : s.n., 2016. pág. 71, tesis de Post Grado.
6. **CONSTANZA, ENRÍQUEZ INZULZA DANIELA.** Evaluación del Límite Óptimo entre Minería Cielo Abierto y Sublevel Stoping. UNIVERSIDAD DE CHILE. Santiago de Chile : s.n., 2009. pág. 94, Memoria .
7. **SANDOVAL, MARELLI ANAÍS GUERRERO.** APLICACIÓN DEL PROGRAMMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD (QA & QC) EN EL MUESTREO GEOLÓGICO DE LA MINA SUBTERRÁNEA RAURA S.A. UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA. PIURA : s.n., 2015. pág. 297, TESIS.
8. **MUÑOS INGA, CARLOS DANIEL.** La Geomecanica y diseño de la malla de perforacion para mejorar la eficiencia de voladura en el nivel 940 en Comañia Minera Raura S.A.C. JUNIN, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU . HUANCAYO : s.n., 2016. pág. 149, TESIS.
9. **Orejon, Miguel Angel Huaynalaya.** "Implementacion del metodo de explotacion "sublevel stoping" del cuerpo Santa Rosa de Minera Raura. JUNIN, UNIVERSIDAD CONTINENTAL. huancayo : s.n., 2019. pág. 150, Tesis.
10. **MEJÍA, E.** tecnicas e intrumentos de investigacion. Lima : Fondo Editorial UNMSM, 2005. ISBN: 9973-834-08-05.

## **ANEXOS**



## ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla N° 33: A Matriz de Consistencia.

| Variables  | Definición Conceptual   | Definición operacional   |   |  |
|--|---|--|---|--|
|  |   | Dimensiones  | Sub-Dimensiones   | Indicadores  |
| VI:<br>Mejora de la recuperación del mineral en el método de minado taladros largos. | Es un método de explotación que se utiliza para la extracción de mineral para aumentar la producción, orientado a cumplir los objetivos controlando la recuperación y dilución del mineral. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Factores geológicos</li> <li>• Factores geomecánicos</li> </ul> | Valoración geológica del yacimiento<br><br>Valoración geomecánica | Ley media<br><br>Características del macizo rocoso   |
| VD:<br>Control de dilución del mineral   | Se dice la operación para el control de pérdida de mineral minimizando así los costos operacionales con criterios técnico-económicos. Que permitan la buena extracción de mineral.          | Variables económicas   | Valoración de costos operativos<br><br>Valoración económica       | Opex<br><br>Costos directos<br><br>Costos indirectos |

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 34: B Matriz de Operacionalización de Variables.

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

| Variables  | Definición Conceptual   | Definición Operacional   |   |  |
|--|---|--|---|--|
|  |   | Dimensiones  | Sub-Dimensiones   | Indicadores  |
| VI:<br>Mejora de la recuperación del mineral en el método de minado taladros largos. | Es un método de explotación que se utiliza para la extracción de mineral para aumentar la producción, orientado a cumplir los objetivos controlando la recuperación y dilución del mineral. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Factores geológicos</li> <li>• Factores geomecánicos</li> </ul> | Valoración geológica del yacimiento<br><br>Valoración geomecánica | Ley media<br><br>Características del macizo rocoso   |
| VD:<br>Control de dilución del mineral   | Se dice la operación para el control de pérdida de mineral minimizando así los costos operacionales con criterios técnico-económicos. Que permitan la buena extracción de mineral.          | Variables económicas   | Valoración de costos operativos<br><br>Valoración económica       | Opex<br><br>Costos directos<br><br>Costos indirectos |

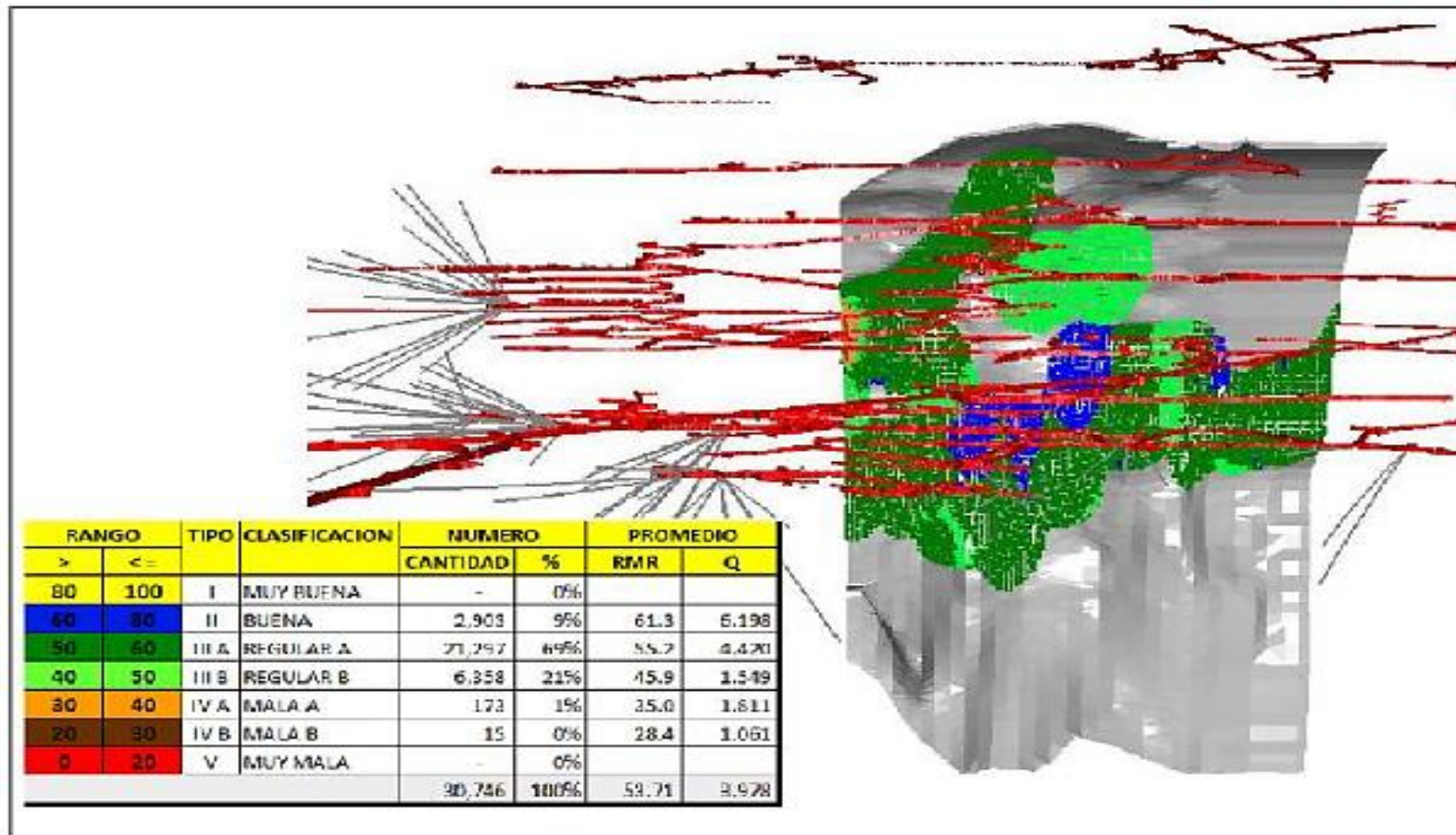
Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo A: Matriz de consistencia**

| <b>Problema</b>   | <b>Objetivos</b>   | <b>Hipótesis</b>  | <b>Variables</b>  |
|---|--|---|---|
| <p><b>Problema General.</b></p> <p>¿Cómo se puede mejorar la recuperación del mineral y control de la dilución del método de explotación taladros largos en la zona Hadas de la Compañía Minera Raura?</p> <p><b>Problemas Específicos.</b></p> <p>¿Cómo controlar las variables operacionales en la recuperación del mineral en la explotación en la zona Hadas de la Compañía Minera Raura?</p> <p>¿Cómo mejorar las variables operacionales en la dilución del mineral en la explotación en la zona Hadas de la Compañía Minera Raura?</p> | <p><b>Objetivo General.</b></p> <p>Desarrollar una metodología que incremente la mejora de la recuperación del mineral y control de la dilución del Método de minado taladros largos, zona Hadas de la Compañía Minera Raura</p> <p><b>Objetivo Específico.</b></p> <p>Determinar y optimizar la producción del ciclo de minado por el método de explotación taladros largos, zona Hadas de la Compañía Minera Raura.</p> <p>Determinar el aumento de la recuperación del mineral en la zona Hadas de la Compañía Minera Raura por el método de explotación taladros largos.</p> | <p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La mejora de la recuperación del mineral y control de la dilución del método de taladros largos, zona Hadas de la Compañía Minera Raura aumentará la producción incrementando la ley del mineral y dando mayor rentabilidad económica.</p> <p><b>Hipótesis Específica</b></p> <p>La optimización del método de explotación por taladros largos permitirá un mejor control de la dilución del mineral, zona Hadas de la Compañía Minera Raura.</p> <p>La reducción de costos de perforación y voladura mediante la optimización del método de taladros largos, zona Hadas de la Compañía Minera Raura.</p> <p>El aumento de la producción por el mejoramiento del método de explotación por taladros largos en la zona Hadas de la Compañía Minera Raura.</p> | <p>VI: Mejora de la recuperación del mineral por el método de minado taladros largos.</p> <p>VD: Control de la dilución del mineral.</p> <p>VI: Variables operacionales en la recuperación del mineral.<br/>VD: Recuperación del mineral.</p> <p>VI: Variables operacionales en la dilución del mineral</p> <p>VD: Recuperación de la dilución del mineral.</p> |



Figura N° 31: Zonificación geomecánica de la zona Hadas.



Fuente: Departamento de planeamiento de la Unidad Minera Raura

**Tabla N° 36: Aberturas máximas por tipos de roca para cada estructura mineralizada.**

| MINA      | ESTRUCTURA           | RMR<br>(MLn) | ESR<br>(Temp) | ESR<br>(Perm) | ANC<br>MAX<br>CALC | ALT MAX<br>CALC<br>(Temp) | ANC MAX<br>CALC<br>(Perm) | ALT MAX<br>CALC<br>(Perm) |
|-----------|----------------------|--------------|---------------|---------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| CATUVA    | BALILLA 200-215      | 45           | 3             | 1.6           | 7.45               | 6.27                      | 5.22                      | 5.22                      |
|           | BALILLA200-215 TECHO | 45           | 3             | 1.6           | 7.45               | 6.27                      | 3.97                      | 3.97                      |
|           | BALILLA NORTE        | 45           | 3             | 1.6           | 7.45               | 6.27                      | 3.97                      | 3.97                      |
|           | BETSHEVA             | 43           | 3             | 1.6           | 6.8                | 5.74                      | 3.63                      | 3.63                      |
|           |                      | 35           | 3             | 1.6           | 4.73               | 4.02                      | 3.31                      | 3.31                      |
|           | BRUNILDA             | 52           | 3             | 1.6           | 10.24              | 8.56                      | 5.46                      | 5.46                      |
|           | CATUVA               | 48           | 3             | 1.6           | 8.53               | 7.17                      | 6.26                      | 6.26                      |
|           | NIÑO PERDIDO         | 44           | 3             | 1.6           | 7.12               | 6                         | 5.98                      | 5.98                      |
|           | PRIMAVERA            | 45           | 3             | 1.6           | 7.45               | 6.27                      | 5.22                      | 5.22                      |
|           | VETA PALOMA          | 46           | 3             | 1.6           | 7.79               | 6.56                      | 5.22                      | 5.22                      |
| ESPERANZA | ESPERANZA            | 48           | 3             | 1.6           | 8.53               | 7.17                      | 4.98                      | 4.98                      |
|           | FLOR DE LOTO         | 49           | 3             | 1.6           | 8.93               | 7.49                      | 4.98                      | 4.98                      |
|           |                      | 49           | 3             | 1.6           | 8.93               | 7.49                      | 4.98                      | 4.98                      |
|           | TOROMINA NO3         | 51           | 3             | 1.6           | 9.78               | 8.19                      | 5.71                      | 5.71                      |
|           | TOROMINA NO4         | 51           | 3             | 1.6           | 9.78               | 8.19                      | 5.71                      | 5.71                      |
|           | TORRE DE CRISTAL     | 44           | 3             | 1.6           | 7.12               | 6                         | 4.16                      | 4.16                      |
|           | VETA SUSAN           | 49           | 3             | 1.6           | 8.93               | 7.49                      | 4.98                      | 4.98                      |
| GAYCO     | GAYCO                | 50           | 3             | 1.6           | 9.35               | 7.83                      | 5.46                      | 5.46                      |
| HADAS     | CUERPO HADAS 1       | 51           | 3             | 1.6           | 9.78               | 8.19                      | 5.98                      | 5.98                      |
|           | CUERPO KAROL         | 45           | 3             | 1.6           | 7.45               | 6.27                      | 5.98                      | 5.98                      |
|           | CUERPO MARGOT        | 34           | 3             | 1.6           | 4.52               | 3.85                      | 2.52                      | 2.52                      |
|           | CUERPO SANTA ROSA    | 41           | 3             | 1.6           | 6.21               | 5.25                      | 5.22                      | 5.22                      |
|           |                      | 48           | 3             | 1.6           | 8.53               | 7.17                      | 5.22                      | 5.22                      |
|           | CUERPO VANESSA       | 52           | 3             | 1.6           | 10.24              | 8.56                      | 6.85                      | 6.85                      |
|           | HADA NO 4            | 52           | 3             | 1.6           | 10.24              | 8.56                      | 5.46                      | 5.46                      |
|           | LEAD HILL SUR        | 51           | 3             | 1.6           | 9.78               | 8.19                      | 5.71                      | 5.71                      |
|           | SANTA ROSA           | 48           | 3             | 1.6           | 8.53               | 7.17                      | 5.22                      | 5.22                      |
|           | SOFIA TECHO          | 51           | 3             | 1.6           | 9.78               | 8.19                      | 5.71                      | 5.71                      |
|           | VETA 05              | 45           | 3             | 1.6           | 7.45               | 6.27                      | 5.22                      | 5.22                      |
|           | VETA COLORADA        | 52           | 3             | 1.6           | 10.24              | 8.56                      | 5.98                      | 5.98                      |

**Fuente: Departamento de planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

**Tabla N° 37: Costos operativos de los métodos de minado.**

|                            |             |              |                |              |               |
|----------------------------|-------------|--------------|----------------|--------------|---------------|
| Tamaño de block            |             | 200x10c      | 200x100        | 200x100      | 200x60        |
| Rango pot                  |             | 2.0 - 4.5    | 0.9 - 2        | 2.0 - 4.5    | 3.0 - 5.0     |
| <b>Metodo de minado</b>    | <b>UNID</b> | <b>SLSL</b>  | <b>BAF_VET</b> | <b>BAF</b>   | <b>CRBR</b>   |
| <b>Potencia Promedio</b>   |             | <b>4.50</b>  | <b>1.10</b>    | <b>4.50</b>  | <b>5.00</b>   |
| Perforacion                | \$/t        | 1.75         | 5.22           | 1.78         | 1.46          |
| Voladura                   | \$/t        | 0.57         | 1.77           | 0.56         | 0.96          |
| Acarreo                    | \$/t        | 2.99         | 4.82           | 2.99         | 1.23          |
| Transporte                 | \$/t        | 1.83         | 3.58           | 1.88         | 2.99          |
| Relleno                    | \$/t        | 1.44         | 2.33           | 1.44         | 1.12          |
| Sostenimiento              | \$/t        | 0.86         | 2.19           | 0.86         | 5.43          |
| Mano de obra (Mod)         | \$/t        | 2.6          | 2.6            | 2.6          | 2             |
| <b>Sub Total de Mina</b>   |             | <b>12.03</b> | <b>22.52</b>   | <b>12.11</b> | <b>15.79</b>  |
| Utilidad de Contratista    | \$/t        | 0            | 0              | 0            | 0.77          |
| G&G Supervisor y servicio  | \$/t        | 0            | 0              | 0            | 3.28          |
| Desarrollo                 | \$/t        | 8.76         | 8.76           | 8.76         | 8.76          |
| Preparacion                | \$/t        | 7.18         | 9.64           | 3.87         | 3.51          |
| Servic y Superv Mina (Mod) | \$/t        | 8.92         | 8.92           | 8.92         | 8.92          |
| <b>Costo Total de Mina</b> |             | <b>36.89</b> | <b>49.84</b>   | <b>33.66</b> | <b>41.03</b>  |
| Geologia                   | \$/t        | 2.3          | 2.3            | 2.3          | 2.3           |
| Planta Concentradora       | \$/t        | 5            | 5              | 5            | 5             |
| C&A (Apoyo)                | \$/t        | 13           | 13             | 13           | 13            |
| Energia                    | \$/t        | 3.4          | 3.4            | 3.4          | 3.4           |
| Mantenimiento              | \$/t        | 8.9          | 8.9            | 8.9          | 8.9           |
| Sub total Costo            | \$/t        | 32.52        | 32.52          | 32.52        | 32.52         |
| <b>Costo de Operación</b>  | \$/t        | <b>96.41</b> | <b>82.36</b>   | <b>66.19</b> | <b>73.55</b>  |
| Dilucion %                 | %           | 2.50%        | 24.70%         | 5.60%        | 2.60%         |
| <b>Costo de Operación</b>  | \$/t        | <b>71.19</b> | <b>102.72</b>  | <b>69.91</b> | <b>75.50%</b> |

**Fuente: Departamento de planeamiento de la Unidad Minera Raura.**

**Tabla N° 38: Métodos de minado por sectores y estructuras mineralizadas.**

| SECTOR       | ESTRUCTURA            | M. EXPLOTACION               | M. EXPLOTACION                                 |
|--------------|-----------------------|------------------------------|--|
| CATUVA       | CUERPO BALILLAS PISO  | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | CUERPO BALILLAS TECHO | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | VETA PALOMA           | BAFVET                       | Bench and Fill Stoping Avoca en Vetas Angostas |
|              | CUERPO BETSHEVA       | SLSL                         | Sub Level Stoping Longitudinal                 |
|              | CUERPO CATUVA         | SLSL                         | Sub Level Stoping Longitudinal                 |
| ESPERANZA    | VETA SUSAN            | BAFVET                       | Bench and Fill Stoping Avoca en Vetas Angostas |
|              | VETA TOROMINA NO. 3   | BAFVET                       | Bench and Fill Stoping Avoca en Vetas Angostas |
|              | VETA TOROMINA NO. 4   | BAFVET                       | Bench and Fill Stoping Avoca en Vetas Angostas |
|              | VETA FLOR DE LOTO     | BAFVET                       | Bench and Fill Stoping Avoca en Vetas Angostas |
|              | VETA ESPERANZA        | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
| GAYCO        | VETA GAYCO            | BAFVET                       | Bench and Fill Stoping Avoca en Vetas Angostas |
| HADAS        | VETA BRUNILDA TECHO   | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | VETA LA COLORADA      | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | VETA LEAD HILL SUR    | BAFVET                       | Bench and Fill Stoping Avoca en Vetas Angostas |
|              | VETA VERONICA         | CRBR                         | Corte y Relleno Ascendente Mecanizado          |
|              | VETA 05               | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | VETA KAREN            | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | CUERPO KATTY          | CRBR                         | Corte y Relleno Ascendente Mecanizado          |
|              | RAMAL FARALLON        | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | VETA BRUNILDA         | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | BOLSONADA MARGOT      | CRBR                         | Corte y Relleno Ascendente Mecanizado          |
|              | VETA HADA 4           | BAFVET                       | Bench and Fill Stoping Avoca en Vetas Angostas |
|              | CUERPO VANESSA        | CRBR                         | Corte y Relleno Ascendente Mecanizado          |
|              | CUERPO VANESSA        | SLSL                         | Sub Level Stoping Longitudinal                 |
|              | CUERPO HADAS 1        | CRBR                         | Corte y Relleno Ascendente Mecanizado          |
|              | CUERPO HADAS 1        | SLSL                         | Sub Level Stoping Longitudinal                 |
|              | CUERPO FARALLON       | CRBR                         | Corte y Relleno Ascendente Mecanizado          |
|              | CUERPO FARALLON       | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | CUERPO SANTA ROSA     | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | CUERPO KAROL          | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | VETA KAROL            | BAFVET                       | Bench and Fill Stoping Avoca en Vetas Angostas |
|              | VETA KAROL 1          | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | CUERPO BRENDA         | BAF                          | Bench and Fill Stoping Avoca                   |
|              | CUERPO MARGOT         | CRBR                         | Corte y Relleno Ascendente Mecanizado          |
|              | CUERPO MARGOT         | SLSL                         | Sub Level Stoping Longitudinal                 |
| CUERPO BREKA | BAF                   | Bench and Fill Stoping Avoca |  |
| VETA RUBI    | BAF                   | Bench and Fill Stoping Avoca |  |

**Fuente: Departamento de planeamiento de la Unidad Minera Raura.**