



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Diseño y construcción de perforadora electrohidráulica mediana para mejorar la productividad de perforación en la mina Uchucchacua.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Fernandez Agüero, Alex Alfredo (ORCID: 0000-0002-2380-4867)

ASESOR:

Mg. Julca Verastegui Luis Alberto (ORCID: 0000-0001-5158-2686)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos.

TRUJILLO - PERÚ
2020

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mis padres por a ver creído siempre en mí, A Dios por haberme permitido terminar mi carrera profesional y por ayudarme a lograr mis objetivos y metas.

A mi familia por darme el apoyo incondicional y ser una motivación constante para el desarrollo de la presente tesis. A mis profesores que formamos año tras año durante toda nuestra carrera.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a los profesores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.

Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirme sus conocimientos y dedicación que los ha regido.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas.....	viii
Resumen.....	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III.METODOLOGÍA	26
3.1. Tipo y diseño de investigación	26
3.2. Variables y operacionalización	26
3.2.1. Variable independiente	26
3.2.2. Variables dependientes	26
3.2.3. Operacionalización de variables.....	27
3.3. Población, muestra y muestreo.....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5. Procedimientos.....	30
3.6. Método de análisis de datos.....	31
3.7. Aspectos éticos.....	32
IV. RESULTADOS	33
4.1. Evaluar las condiciones actuales y tradicionales de explotación minera	33
4.1.1 Situación actual de la mina Uchucchacua	33
4.1.2 Condiciones tradicionales de explotación minera.....	34
4.2. Identificar los procesos idóneos de perforación requeridos:.....	37
4.2.1. Determinación de dimensión de perforación.....	37
4.2.2. Elaboración de matriz morfológica:.....	40
4.3. Desarrollo del diseño de detalle de solución elegida y su construcción.....	44
4.3.1. Requerimientos mecánicos – eléctricos:.....	46
4.3.2. Etapa de diseño y fabricación del prototipo	47
4.3.2.1. Etapa de diseño	47
4.3.2.2. Etapa de simulación	59

4.3.2.3. Etapa de construcción del equipo.....	63
4.4. Evaluación de la inversión para la implementación del diseño	69
4.4.1. Cálculo de costo de inversión	69
4.4.2. Cálculo de costo de mantenimiento anual:	70
4.4.3. Cálculo de valoración anual:.....	71
4.4.4. Cálculo de flujo de caja:.....	72
4.4.5. Cálculo de van, tir y roi.	72
4.4.6. Productividad de nuevo equipo de perforación	73
V. DISCUSIÓN.....	75
VI. CONCLUSIONES	77
VII. RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS	80
ANEXOS.....	83
Anexo N° 01: Reporte diario de perforación de los equipos equipo de perforación para vetas angostas.....	83
Anexo N° 02: informes del software solidworks.....	97
Anexo 2.1. Simulación de esfuerzo por fatiga del diseño.....	97
Anexo 2.2.-simulación estática del diseño.....	101
Anexo N° 03. Planos finales y explosivo del diseño	106
Anexo 3.1. Plano explosivo del diseño propuesto	106
Anexo 3.2. Plano del frame intermedio del diseño propuesto	107
Anexo 3.3. Plano del frame delantero del diseño propuesto	108
Anexo 3.4. Plano de la cabina del operador del diseño propuesto	109
Anexo N° 04. Fichas técnicas del diseño	110
Anexo N° 05. Detalles de precios de la construcción del diseño	113
Anexo N° 06. Registro fotográfico de construcción.....	117
Anexo 6.1. Proceso de corte de material.....	117
Anexo 6.2. Proceso de mecanizado	118
Anexo 6.3. Proceso de armado de componentes.....	119
Anexo 6.4. Proceso de pintura	121
Anexo 6.5. Chasis construido.....	123
Anexo 6.6. Instalación de componentes del equipo.....	125
Anexo 6.7. Instalación de brazo perforador.....	132
Anexo 6.8. Culminación de construcción.....	136
Anexo n° 07: parámetros de equipo mediano puesto en marcha en mina	138

Anexo N° 08: rendimiento de equipo mediano y equipo grande.....	142
Anexo 8.1. Rendimiento de equipo mediano (diseñado).	142
Anexo 8.2. Rendimiento de equipo grande.	143
Anexo N°09. Registro fotográfico de puesta en marcha del diseño.	145
anexo 9.1. Equipo terminado y listo para su traslado.	145
anexo 9.2. Toma de temperatura a la salida del agua del enfriador.	146
anexo 9.3. Toma de lectura de rotación del martillo hidráulico con e tacómetro (177 rpm).	147
Anexo 9.4. Toma de lectura de parámetros de voltaje, amperaje y frecuencia..	148
Anexo 9.5. Toma de lectura de la temperatura del tanque hidráulico con pirómetro digital.	149
Anexo 9.6. Toma de lectura de la temperatura del motor eléctrico de 440v.	150
Anexo 9.7. Toma de lecturas de parámetros de perforaciones en campo.	151
Anexo N° 10. Instrumentos de investigación.	152
Anexo N° 11. Juicio de expertos.	156
Anexo N° 12. Matriz de operacionalización de variables.	159
Anexo N° 13. Análisis estadístico.....	160

Índice de Figuras

<i>Figura 1. Equipo de perforación de taladros largos para secciones mínimas de 4.00m x 4.00m.</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2. Interacción de áreas en IC.</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3. Metodologías y Herramientas de Diseño de Ingeniería.</i>	<i>11</i>
<i>Figura 4. Norma VDI 2221.</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5. Diagrama esquemático de una perforadora de percusión.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6. Diagrama esquemático del sistema de percusión.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 7. Diagrama de estructura del pistón de impacto.</i>	<i>15</i>
<i>Figura 8. Diagrama de la estructura de la válvula de carrete.</i>	<i>15</i>
<i>Figura 9. Efecto del desgaste por erosión debido a la cavitación en el pistón de impacto y en la bocina.</i>	<i>16</i>
<i>Figura 10. Partes principales de un perforador electrohidráulico.</i>	<i>16</i>
<i>Figura 11. Construcción de la máquina a pistones axiales.</i>	<i>17</i>
<i>Figura 12. Circuito A4V con regulador de caudal y presión DFR.</i>	<i>19</i>
<i>Figura 13. Sistema hidráulico potencia.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 14. Tanque de unidad de potencia hidráulica.</i>	<i>21</i>
<i>Figura 15. Ubicación de filtro de retorno con válvula bypass.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 16. Válvulas direccionales de varias vías.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 17. Accionamiento de válvulas direccionales hidráulicas.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 18. Acumulador de presión con membrana.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 19. Secciones de 4x4 m.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 20. Veta de 2.5x2.5 m.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 21. Equipo Neumático.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 22. Equipo Eléctrico.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 23. Equipo Electrohidráulico mediano.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 24. Detallado del proceso de diseño y construcción.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 25. Proceso de diseño y construcción.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 26. Ubicación Unidad de Rotación y Cilindro de Levante.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 27. Partes del Cilindro Hidráulico.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 28. Ficha técnica de unidad de rotación.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 29. Unidad de Rotación L30-65.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 30. Datos de Aplicación.</i>	<i>53</i>

<i>Figura 31. Transmisión Hidrostática.</i>	54
<i>Figura 32. Distribución de Carga.</i>	55
<i>Figura 33. Diferencial seleccionado.</i>	56
<i>Figura 34. Especificaciones Técnicas.</i>	57
<i>Figura 35. Planos de medidas externas del equipo de perforación.</i>	58
<i>Figura 36. Plano de radios de giro del equipo.</i>	58
<i>Figura 37. Factor de Seguridad 2.95.</i>	60
<i>Figura 38. Análisis Estático Tensión Nodal.</i>	60
<i>Figura 39. Desplazamiento Estático 3.154 mm.</i>	60
<i>Figura 40. Factor de seguridad 2.95.</i>	61
<i>Figura 41. Análisis Estático Tensión Nodal.</i>	61
<i>Figura 42. Desplazamiento Estático 3.154 mm.</i>	61
<i>Figura 43. Chasis de equipo de perforación.</i>	62
<i>Figura 44. Frame delantero.</i>	63
<i>Figura 45. Cabina Operador.</i>	64
<i>Figura 46. Plegado de Cabina de Operador.</i>	64
<i>Figura 47. Proceso de Fabricación y Montaje Equipo de Perforación para vetas angostas.</i>	65
<i>Figura 48. Flujograma de fabricación del chasis.</i>	68
<i>Figura 49. Comparación de trabajo de los equipos perforadores.</i>	74

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Operacionalización de la variable independiente y dependiente.</i>	27
<i>Tabla 2. Técnicas e instrumentos del estudio.</i>	28
<i>Tabla 3. Producción de los últimos cinco años.</i>	33
<i>Tabla 4. Rendimiento de los equipos de 4mts × 4mts.</i>	35
<i>Tabla 5. Tarifa de Laboreo en secciones 4 mts × 4mts</i>	36
<i>Tabla 6. Factores Influyentes.</i>	36
<i>Tabla 7. Tarifa De Laboreo en secciones 2.5mts × 2.5mts.</i>	38
<i>Tabla 8. Factores influyentes.</i>	39
<i>Tabla 9. Rendimiento en equipo de dimensiones de 2.5mts × 2.5mts.</i>	40
<i>Tabla 10. Evolución de las alternativas de solución.</i>	43
<i>Tabla 11. Criterios de Evaluación del Diseño.</i>	44

Tabla 12. Programación de actividades.	45
Tabla 13. Cálculo de fuerzas con 180bar de presión del cilindro hidráulico.....	49
Tabla 14. Cálculo de fuerzas con 190bar de presión del cilindro hidráulico.....	49
Tabla 15. Cálculo de fuerzas de tubo lapeado.	50
Tabla 16. Costo del Equipo – Inversión Inicial.....	70
Tabla 17. Costo de Reparación Anual.....	71
Tabla 18. Valorización Anual.....	71
Tabla 19. Tabla de Flujos.....	72
Tabla 20. Cuadro de cálculo de VAN/TIR.....	72
Tabla 21. Comparación de parámetros entre equipos.....	73
Tabla 22. Comparación de parámetros de trabajo de ambos equipos.....	73

RESUMEN

El Perú es un país netamente minero, para ello son indispensables una serie de combinaciones de equipos (equipo de perforación electrohidráulica, cargador frontal de bajo perfil, camiones de transporte de bajo perfil). Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal el diseño de un equipo de perforación electrohidráulico mediano, dicho equipo es importante para lograr el máximo de avance y producción en la minería subterránea, siendo lo suficientemente pequeño para ingresar a secciones reducidas de 2.5m x 2.5m, el diseño contempla como primera etapa realizar una correcta selección de componentes a través de catálogos y fichas técnicas de diferentes fabricantes a nivel mundial, también utilizar la matriz morfológica para determinar los mejores parámetros para el diseño, el cual permita tener el mismo desempeño que un equipo de perforación de gran dimensión, además se realizará una evaluación del diseño mediante el uso de software de diseño CAD/CAE (SolidWorks), para garantizar su correcta operación y el desempeño estructural de este.

La construcción del equipo de perforación, se hará una vez culminado todos los cálculos y de poder realizar la inversión para la adquisición de los componentes y de la mano de obra especializada y su posterior puesta en marcha en la mina Uchucchacua.

Palabra claves: Equipo de perforación, electrohidráulica, SolidWorks, presión hidráulica, componentes.

ABSTRACT

Peru is a purely mining country, for which a series of combinations of equipment are essential (electro-hydraulic drilling equipment, low-profile front loader, low-profile transport trucks). This research work has as its main objective the design of a medium electro-hydraulic drilling equipment, said equipment is important to achieve the maximum advance and production in underground mining, being small enough to enter reduced sections of 2.5 x 2.5m, The design includes as a first stage to make a correct selection of components through catalogs and technical sheets of different manufacturers worldwide, also to use the morphological matrix to determine the best parameters for the design, which allows to have the same performance as a team of large dimension drilling, in addition a design evaluation will be carried out using CAD / CAE design software (SolidWorks), to guarantee its correct operation and its structural performance.

The construction of the drilling equipment will be carried out once all the calculations have been completed and the investment for the acquisition of components and specialized labor and its subsequent start-up at the Uchucchacua mine can be made.

Keywords: Drill Rig, Electrohydraulic, SolidWorks, Hydraulic Pressure, Components.

I. INTRODUCCIÓN

La minería a nivel mundial dentro de los sectores energéticos e industrial sin duda es una de las actividades más importantes que existe en la actualidad, es lo suficientemente relevante la importancia de la minería como para considerar que, sin ésta, los principales metales como son oro, plata, cobre, plomo y zinc no se tendrían para fabricar equipos, electrodomésticos, y algo que es indispensable como las conexiones a internet (router) (Linea, 2019).

A nivel internacional, las empresas Epiroc y Sandvik son las líderes en el diseño y construcción de equipos de perforación subterránea, cuentan con tecnología de punta y construcción en serie, debido a sus dimensiones que ya vienen estandarizados de fábrica, estos equipos no llegan a adaptarse fácilmente a las secciones de las labores de la mina, que generalmente no son muy amplias.

En la economía peruana la actividad minera tiene un papel importante porque genera valor agregado el cual aporta el 10% al producto bruto interno (PBI), ingresos fiscales por impuestos y mayores divisas, la creación de empleos directos e indirectos, y la mejora del potencial de crecimiento de la actividad económica (El peruano, 2018).

El Perú está mejorando su ubicación en el sector minero a nivel mundial: ocupando el año pasado el cuarto lugar como principal destino de la inversión minera y comparte con México el primer lugar en América Latina. Seis países (Perú, Argentina, Brasil, Chile Ecuador y México) son los que concentran más del 90% de la inversión minera en América Latina (De Echave, 2019).

La perforación y voladura de rocas son procedimientos muy importantes en la minería subterránea para extraer mineral, debiéndose realizarse correctamente, con eficiencia y seguridad para el operario. La mayoría de los Equipo de Perforación para vetas angostas hidráulicos y neumáticos en el mundo son operados manualmente y en el Perú, ninguna empresa minera tiene una perforadora automática o teleoperada. Esto genera riesgos para su salud, por el peligro de derrumbes y agentes tóxicos ambientales; además la repetitividad y productividad del trabajo depende mucho de la experiencia del operador (Mendoza, 2017).

Las perforadoras son un conjunto de piezas y mecanismos que realizan las tareas de taladrar en macizos rocosos, suelos, concreto, entre otros materiales y esto causa problemas para la perforación ya que tenemos diferentes estructuras de roca. La selección de perforadoras depende del método de explotación de una mina por lo cual cada una de ellas tiende a cumplir una función, en pequeña, mediana y gran minería (Salcedo, 2019).

La perforadora Jack Leg es una de las máquinas más empleadas en la mina convencional y hay un estudio económico de esta perforadora en roca dura por ofrecer mayor resistencia a la perforación y donde es necesario aplicar mayor fuerza de empuje a la perforadora (Bendezú, 2014).

En Perú la Compañía minera BUENAVENTURA S.A.A. tiene la unidad minera Uchucchacua, distrito de Oyón, provincia de Oyón región Lima, en operación subterránea que produce plata (Ag), plomo (Pb) y zinc (Zn). La empresa minera en su programa de exploración constante, realiza la búsqueda de nuevos cuerpos mineralizados para mantener su producción mensual y renovar las reservas existentes, la Unidad de Uchucchacua opera en la zona de Socorro Alto, Socorro Bajo y la zona de Carmen, los cuales tienen una preparación con secciones amplias ya ejecutada.

Para la perforación en preparación y desarrollo se emplean equipos de perforación para vetas angostas electrohidráulicos, para la limpieza se emplean equipos cargadores de perfil bajo (Scooptram) de 6 Yd³ (yardas cúbicas) de capacidad. Para la explotación utilizan máquinas perforadoras de taladros largos con dimensiones grandes, como son los equipos de perforación electrohidráulicos de taladros largos con barras acoplables. Estos equipos hacen que las labores de preparación, desarrollo y explotación sean secciones amplias, con un costo sobre dimensionado. Esto debido a que las empresas mineras tienen que adecuarse a las dimensiones de estos equipos, porque en la actualidad no hay equipos de menores dimensiones que se adecuen mejor a sus labores.

El método de explotación por Subniveles con taladros largos en vetas o cuerpos, implica una fuerte inversión en la preparación porque la mayor parte se realiza sobre mineral por lo que la geometría del mineral debe ser regular y bien definida; por ello la etapa de preparación y explotación demanda mucha inversión, debido

a que se realiza con maquinaria minera de gran dimensión. Sus labores de preparación y desarrollo son secciones de 4.0 metros de ancho y 4.0 metros de altura, lo cual no es óptimo en la etapa de preparación, ya que cuando se prepara sobre mineral, no se puede recuperar el tonelaje roto debido a la contaminación del mineral por el desmote (Dilución). La explicación a esta labor, es que el ancho de minado es mayor al ancho de veta, generando un sobre costo en materiales, insumos, sostenimiento, horas de perforación, horas de limpieza y transporte del material roto; se ha estimado que utilizando el presente método existe un sobre costo de aproximadamente de US\$ 650,000 por cada 1000 metros de avance, en comparación a realizar los avances y desarrollos en secciones menores de 2.5 x 2.5 metros.

En la siguiente imagen, figura 01 se puede apreciar las dimensiones del equipo estándar que se utiliza actualmente.



Figura 1. Equipo de perforación de taladros largos para secciones mínimas de 4.00m x 4.00m.
Fuente: EPIROC,2016.

Aun así, es perceptible el alto monto de inversión por maquinaria para perforación minera que sí se justifica para proyectos de gran envergadura; más en situaciones de la dimensión a que se refiere nuestra investigación, resulta todavía muy onerosa y sobredimensionada, tal como se ha observado. El siguiente proyecto de la minera es “Yumpag” que explotará plata (Ag), en un ancho de mineral (potencia del yacimiento) de 0.8 metros a 1.2 metros. Por tal motivo es necesario utilizar maquinaria minera con dimensiones menores para secciones de 2.5 metros de ancho y 2.5 metros de altura, que garanticen su eficiencia operativa.

Por lo expuesto se propone en el presente estudio diseñar y construir una máquina perforadora electro-hidráulica mediana, para aumentar la productividad de explotación en mina. En referencia a ello, se ha realizado la evaluación del costo de maquinarias representativas en estas actividades; siendo el valor de una máquina como la actual, 600,000 dólares, frente al de una máquina mediana cuyo precio es de 270,000 dólares, que representa un ahorro importante, además de tener un menor costo de operación y eficiencia en el retiro de material, típico en el trabajo de estas unidades.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, se establece la formulación del problema de la siguiente forma: ¿Cómo mejorar la productividad en perforación del método de explotación con taladros largos en la Unidad Minera Uchucchacua?

Se debe analizar este problema, de acuerdo a una metodología, acorde con nuestras necesidades de mejora en la productividad; pero para ello debemos determinar que nuestra investigación, se justifica desde un punto económico porque al hacer realidad el diseño y construcción de perforadoras electro hidráulica, se logrará el mejor aprovechamiento de espacios de entrada y salida de la maquinaria que representa eficiencia en obtención de material y menos desperdicio de recurso minero, redundando en mayor ganancia monetaria por el producto; se justifica metodológicamente, porque la explotación minera con recursos como el planteado, servirá de referencia o modelo para estudios posteriores e invitará al análisis de reemplazo de máquina desde el punto de mejor aprovechamiento del recurso minero, tal como en el presente estudio; se justifica institucionalmente, porque con los resultados de este cambio de maquinaria, bajo un punto de vista innovador, permitirá a la empresa ubicarse como pionera del sistema y referente de empresas del rubro minero; asimismo, permitirá mostrar el mejor rendimiento de producción; se justifica social y ambientalmente, porque con la implementación de este diseño se conseguirá optimizar la cantidad de material minero extraído y consecuentemente se necesitará mayor número de colaboradores para el acarreo final, representando una oportunidad de trabajo para los comuneros del medio y beneficiándolos con

puestos de trabajo real; asimismo, al ser las unidades perforadora hidráulicas exactamente suficientes en dimensiones para la veta minera y no tan voluminosas y pesadas, como la maquinaria utilizada actualmente con método de taladros largos en vetas angostas, estarán disminuyendo ostensiblemente la cantidad de gases de combustión hacia el medio ambiente.

En tal sentido, en función a lo consignado anteriormente, se formula la siguiente hipótesis: La implementación del diseño y construcción de perforadora electrohidráulica mediana, sí determina la productividad de perforación.

Dando respuesta al problema, se plantea el siguiente objetivo general: Desarrollar el diseño y construcción de perforadora electro hidráulica mediana, para mejorar la productividad de perforación.

Para poder lograr el objetivo general, se plantea los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar las condiciones actuales y tradicionales de explotación minera, mediante el uso de equipos de perforación electrohidráulicos de taladros largos con barras acoplables, en vetas angostas.
2. Identificar los procesos idóneos de perforación requeridos, que involucre el uso de equipos de las dimensiones analizadas.
3. Desarrollar un diseño compacto con las características requeridas para cumplir con la perforación de vetas angostas de 3.5×3.5 mts. y 2.5×2.5 mts. y su construcción de este diseño.
4. Efectuar la evaluación de la inversión necesaria para la implementación del diseño, proyectar los beneficios económicos y el retorno operacional de lo invertido, en función de utilización de los equipos y maquinaria minera con dimensiones menores, de manera confiable en la etapa de preparación y explotación; así también evaluar la productividad del equipo diseñado y construido.

II. MARCO TEÓRICO

Conocida nuestra realidad problemática y a fin de cimentar el desarrollo en la investigación en materia del presente trabajo de investigación, se escogió algunos trabajos referenciales y de carácter profesional que respalden el tema:

Se encontró en la literatura, un trabajo de investigación (Altamirano, 2017), en la cual el autor propuso un plan el cual mejora los indicadores de mantenimiento de todos los equipos electrohidráulicos de perforación, el cual consiste en la renovación de la flota de equipos de perforación hidráulicas y modificaciones en los planes de mantenimiento de los equipos.

En tal sentido, el departamento de mantenimiento de mina luego de haber analizado los indicadores de mantenimiento durante los periodos de 2015 y 2016, se propuso un plan para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de perforación, mediante la renovación por una flota de perforadoras hidráulicas, la adquisición de un Software de mantenimiento (Oracle Financial) y la modificación de los planes de mantenimiento a un sistema de gestión de mantenimiento centralizado en la confiabilidad (RCM) para los nuevos equipos. Mediante la implementación de los sistemas de mantenimiento, la disponibilidad mecánica en los siguientes cinco años se proyectó a un 92%, y el estudio económico indicó que el beneficio financiero fue menor a la inversión inicial, sin embargo, la recuperación del capital invertido se logra en el segundo año, resultando atractivo para los altos mandos de la minera Las Cenizas y así llevar a cabo el plan de mejora.

Por su parte, otro autor (Bellido, 2018) realizó una evaluación de rendimientos de los equipos Jumbos Sandivk hidráulicos y la obtención de sus tiempos improductivos en perforaciones en frente de las galerías de la contrata AESA.

Inició el estudio recopilando datos en campo de los tiempos improductivos, cuya evaluación se realizó en un tiempo de 30 días y con una muestra aleatoria de 04 equipo de perforación para vetas angostas, en lo cual se obtuvo: 2,252 datos, 04 reportes diarios y 240 reportes al mes, logrando determinar las categorías de tiempos son: espera de labores el 26 % y en el traslado de equipos el 8%.

Asimismo, la evaluación determinó la identificación de los equipos de perforación para vetas angostas de menor y mayor rendimiento; el equipo de perforación N° 025 perforó un promedio de 2.48 frentes/día por mes, obteniendo un rendimiento del 83 %; el equipo de perforación N° 027 perforó un promedio de 3.34 frentes/día por mes, superando el óptimo de su eficiencia (100%), siendo este el más eficiente de todos los jumbos. También se pudo determinar los tiempos improductivos y horas muertas. El autor concluye que el equipo de perforación N° 25 tiene el menor rendimiento debido a que su tiempo de espera de frentes y traslado es mayor, siendo trasladado por una rampa principal; a diferencia el equipo de perforación tas N° 27 tiene el mayor rendimiento, debido a que su tiempo de espera de frentes y traslado de equipo es menor, producto que el equipo fue trasladado por rampas auxiliares.

También otro autor (Salcedo, 2019) tuvo como objetivo tener mayor conocimiento de las máquinas perforadoras, el uso correcto y la correcta selección de estos, para un eficiente trabajo en los diferentes yacimientos mineros.

En la investigación con respecto a la selección de equipos perforadores se dio inició con la recolección de varios artículos científicos durante el mes de octubre del 2019 en la UNAP, a fin de lograr describir y especificar las diferentes perforadoras que se emplean en minería subterránea, se utilizó una investigación descriptiva y basada en la recolección de datos, y es así que se permitió conocer sobre su empleabilidad, el correcto uso y selección del equipo indicado para obtener un trabajo eficiente en los diferentes yacimientos mineros. Concluyendo el estudio se estableció que las máquinas perforadoras presentan algunas fallas típicas como: ruptura de pistón por calentamiento y falla de lubricación, desgaste de “culatines” del barreno, falla en los pernos de sujeción, el “castillado” en el pistón por cristalización de material por falta de refrigeración, ruptura o achatamiento de tubo de agua, el “taponamiento” del exhalador; pistón congelado por falta de lubricación, válvula pegada por aceite inadecuado, obstrucción de vías de aire por partículas extrañas o fragmentos de jebe de la manguera, inapropiada alineamiento del barreno en el taladro, incorrecta selección de brocas, alimentación deficiente, falta de refrigerante, débil rotación,

buje de rotación gastado, deficiencia de operación del perforista; logrando plantear una solución la cual fue establecer el correcto plan de mantenimiento para reparación y preventiva de estas importantes unidades.

En la siguiente literatura, el autor (Chuyima, 2019) determino que equipo tiene mayor rendimiento y así lograr incrementar la producción en vetas angostas, donde se evaluaron el rendimiento de ambos equipos y sus costos unitarios.

En la investigación se expone la mecanización de las operaciones de perforación unitarias en fase de explotación de vetas angostas, habiendo dado óptimos resultados en tiempos de trabajos, eficiencia y seguridad del personal minero; Teniendo como resultados los siguientes rendimientos: equipos Stoper 37 taladros/hora en un tiempo de 5.29 min/taladro y equipo mini Jumbo Muki 37 taladros/hora en un tiempo de 1,35 min/taladro, teniendo una disminución del 74.48% del tiempo de perforado, y a su vez ocurriendo un incremento de la producción diaria de 700 ton/día a 850 ton/día lo cual incrementa de en 500,000 ton de mineral. Llevando a la conclusión de que la mecanización del ciclo de perforado en tajeo de vetas angostas con un equipo mini Jumbo Muki disminuye en un 12.31% en costos de perforado y su eficiencia en producción es del 95% más que el perforador manual Stoper.

Finalizando otro autor (Maccha, 2018) plantea que la selección correcta de los equipos se debe hacerse teniendo en cuenta sus datos técnicos y su performance, esta última separándose en producción, costo por hora, costo por unidad, eficiencia y otras más que estén ligadas a la calidad y rendimiento de los equipos.

El autor en su investigación consideró cinco equipos de trabajo minero, utilizando el ciclo de trabajo de mina subterránea en Atacocha, cuales son: equipo de perforación para vetas angostas de perforación frontal, equipo de bajo perfil Scooptram, Scaler, Scissor y Dumper; después de seleccionar los equipos se calculó su costo horario y su costo de performance en toneladas por hora, para calcular al final su costo en \$/tonelada. Teniendo como resultado la mejora esperada gracias a la adaptación de los equipos de laboreo minero a los métodos de explotación de la mina, disponibilidad de éstos en el orden del 98% y

experiencia en la selección de ellos. Se concluye estableciendo la metodología que debe aplicarse en la selección todo tipo de equipo minero de bajo perfil, por lo cual se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- a. El diseño del equipo prima sobre el diseño de la geometría del trabajo el cual va a realizar, para lograr la productividad y cumplir con la producción y la mayor seguridad,
- b. Corresponde un menor costo operativo si la inversión en los equipos es mayor.
- c. Un adecuado programa de mantenimiento asegura la vida útil del equipo y la utilización debe ser adecuado a su diseño.

Habiendo detallado los antecedentes de aporte significativo en esta investigación es conveniente establecer los **conceptos** que ayudarán a reforzar la formulación, desarrollo y metodología del presente trabajo de investigación.

Por lo tanto, la primera teoría relacionada al tema lo constituye la definición general de diseño mecánico, estipulada como la concepción original de un objeto u obra destinados a la producción, que proporciona una o varias soluciones para definir un producto, de forma que satisfaga los requisitos y restricciones establecidas en el ámbito de la Ingeniería Mecánica (Arias, 2017).

- **Ingeniería Concurrente** (Altertecnica, 2018): Este método plantea en paralelo todas las fases, de modo que son comunes todos los objetivos y los avances en el planteamiento general repercuten en cada campo. Dando ventaja como en la reducción de tiempos de desarrollo, en tempranas fases solventar problemas, adaptación rápida al mercado, el producto posicionado frente a competidores.
 - a) Periodo de definición: Se establecen objetivos y funcionalidades del producto nuevo. Es habitual incluir un análisis comparativo con la competencia, para así poder mejorar la oferta existente en el mercado.
 - b) Periodo conceptual: Una vez definido lo requerido se procede a desarrollar como se necesita, se usa la técnica más habitual que es el brainstorming,

siendo lo ideal con los representados de los departamentos que se encuentran implicados.

- c) Periodo de detalle y simulación: Se elabora con ayuda de las herramientas informáticas, como por ejemplo el BIM (Building Information Modeling), el cual permite trabajar en 3D y también integrar proyectos en distintas fases y puestas en común donde se trabajen en forma paralela en diferentes departamentos. Se detectan posibles problemas al realizar las simulaciones antes que puedan surgir físicamente.
 - d) Periodo de producción: Primero el prototipo debe ser realizado una vez obtenido la conformidad y se integra la elaboración en el proceso de producción de la fábrica, la maquinaria y procesos bien adaptado, una nueva línea de producción bien creada.
 - e) Periodo de comercialización: Con el ánimo de mejora continua bien definida, es importante analizar el feedback, una vez que el producto llegue al mercado y las reacciones de los consumidores finales, para realizar los cambios si es necesario.
- **Ingeniería Concurrente** (PDCA home, 2014): La excelencia de productos continua en la búsqueda del camino en el que se encuentra la Ingeniería concurrente, o también conocida como ingeniería simultanea o ingeniería total, la cual se basa en integrar la forma paralela el diseño de productos y de los procesos, así también busca la adaptación rápida del cambio con una estructura bien definida, con el apoyo de sistemas tecnológicos confluyendo en un núcleo común de extracción de datos. La figura 02 muestra la Interacción de Áreas IC.



Figura 2. Interacción de áreas en IC.
Fuente: (PDCA Home, 2014)

Con ello se reduce tiempos, ponderar recursos, con un fin último de obtener un producto de calidad flexibilizamos procesos desde el inicio de la planificación del proyecto hasta su resultado, navegando por los momentos oportunos de fabricación, de su distribución y la venta final, es decir, desarrollando sistemas seguros y fiables conociendo el ciclo de vida de producto en todos sus pasos y sobre los que trabajar. Todo este ciclo se realiza con la ventaja añadida en el menor tiempo posible para poder colocar en producto en stock para su venta. No obstante, El trabajo implica que todo el equipo conozca bien todos los procesos a realizar y tener claro la concepción del producto y poder implementar las mejoras necesarias, tanto para minimizar tiempos de producción como para reducir costos cumpliendo con las necesidades más exigentes del mercado. El objetivo de esta investigación se propone una metodología que integré técnicas o metodologías de diseño como el despliegue de la función de calidad (QFD) y el diseño para la fabricación y montaje (DFMA) y que evalué de forma sistemática los costes de diseño, desarrollo, fabricación, con las herramientas de diseño convencionales como CAD.

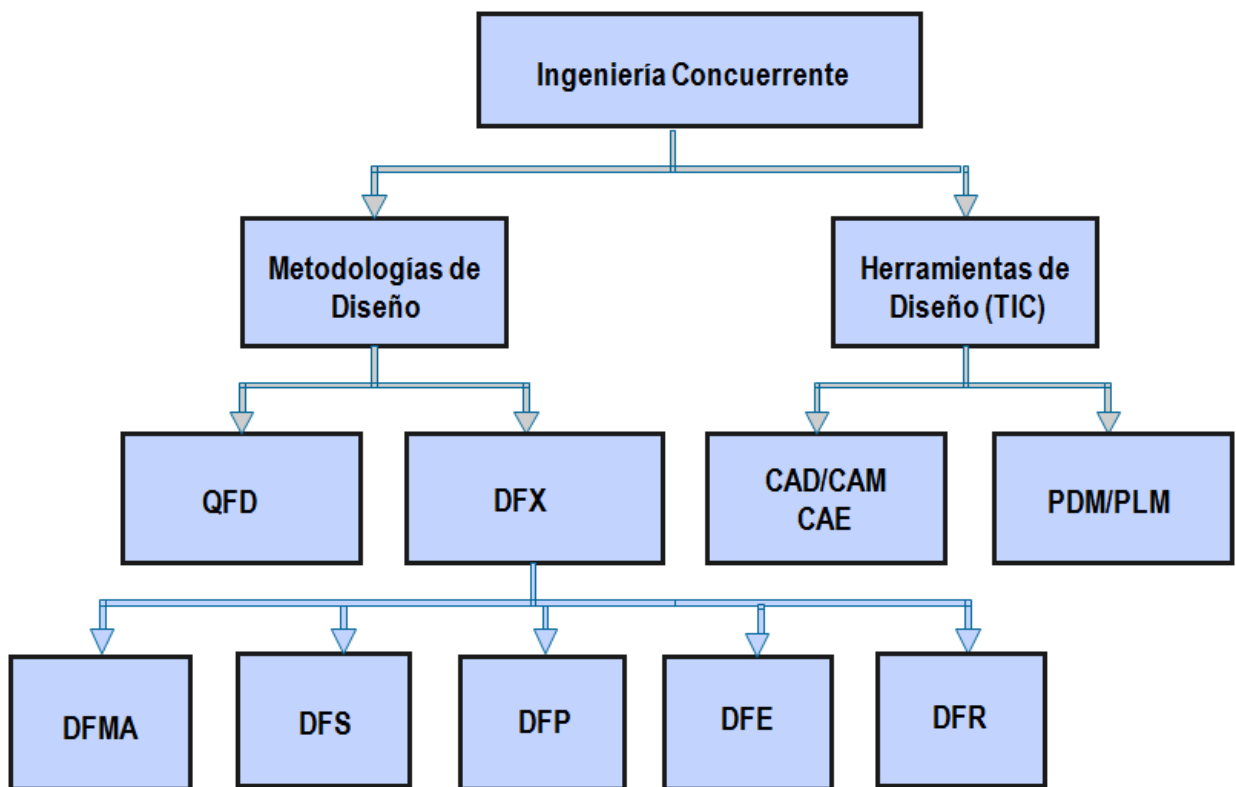


Figura 3. Metodologías y Herramientas de Diseño de Ingeniería.
 Fuente: (Congreso de Ingeniería Organizacional, 2012)

➤ **Norma VDI 2225:** Es un método de decisión que optimiza al mínimo el coste (VDI-FPM, 1997-11). Bajo esta definición y utilizando esta norma se podrá seleccionar el correcto diseño, la correcta selección de los equipos, a su vez detallando las características para poder valorar y minimizar costos.

➤ **Norma VDI 2221:** Denominado el “enfoque sistemático para el diseño de sistemas técnicos y productos” (VDI-FPM, 2019), norma que fue desarrolladas por ingenieros y es la variación de la VDI 2222, tiene por diseño el análisis y entendimiento del problema a detalle, se utiliza especialmente para realizar rediseños o mejoras de productos.

La estructura de este enfoque general del diseño se basa en siete etapas y se muestra en la figura 04, cada una de ellas con un resultado particular (Sovero, 2017).

- ✓ Primera etapa: La especificación es de particular importancia y se revisa constantemente para mantenerse actualizada y se utiliza como una referencia en todas las etapas subsecuentes.
- ✓ Segunda etapa: Consiste en la determinación de las funciones requeridas del diseño, y poder producir una estructura de funciones diagramáticas.
- ✓ Tercera etapa; Se realiza la búsqueda de principios de solución para todas las funciones secundarias y se combinan de acuerdo a la estructura global de funciones en la solución principal.
- ✓ Cuarta la etapa: Se realizan módulos y estructuras de módulos que representan la descomposición de la solución en ensambles fundamentales.
- ✓ Quinta etapa: Se desarrollan los módulos claves en un conjunto de arreglos preliminares.
- ✓ Sexta etapa: Se refinan y desarrollan para llegar a un arreglo definitivo.
- ✓ Séptima etapa: Se generan los documentos del producto final.

Esta guía indica que se deben analizar y evaluar en cada etapa diversas variantes de solución, y que existe mucho más detalle en cada etapa de lo que se muestra en la figura 04. La guía VDI sigue un procedimiento sistemático general en el que primero se analiza y entiende el problema lo más completamente posible, luego se descompone en problemas

secundarios, se encuentran soluciones secundarias apropiadas y éstas se combinan en una solución general (Sovero, 2017).

Las cuatro fases del método de diseño son:

- ✓ Fase I: Detallar el Problema.
- ✓ Fase II: Elaboración del concepto.
- ✓ Fase III: Proyectar.
- ✓ Fase IV: Elaboración de detalles.

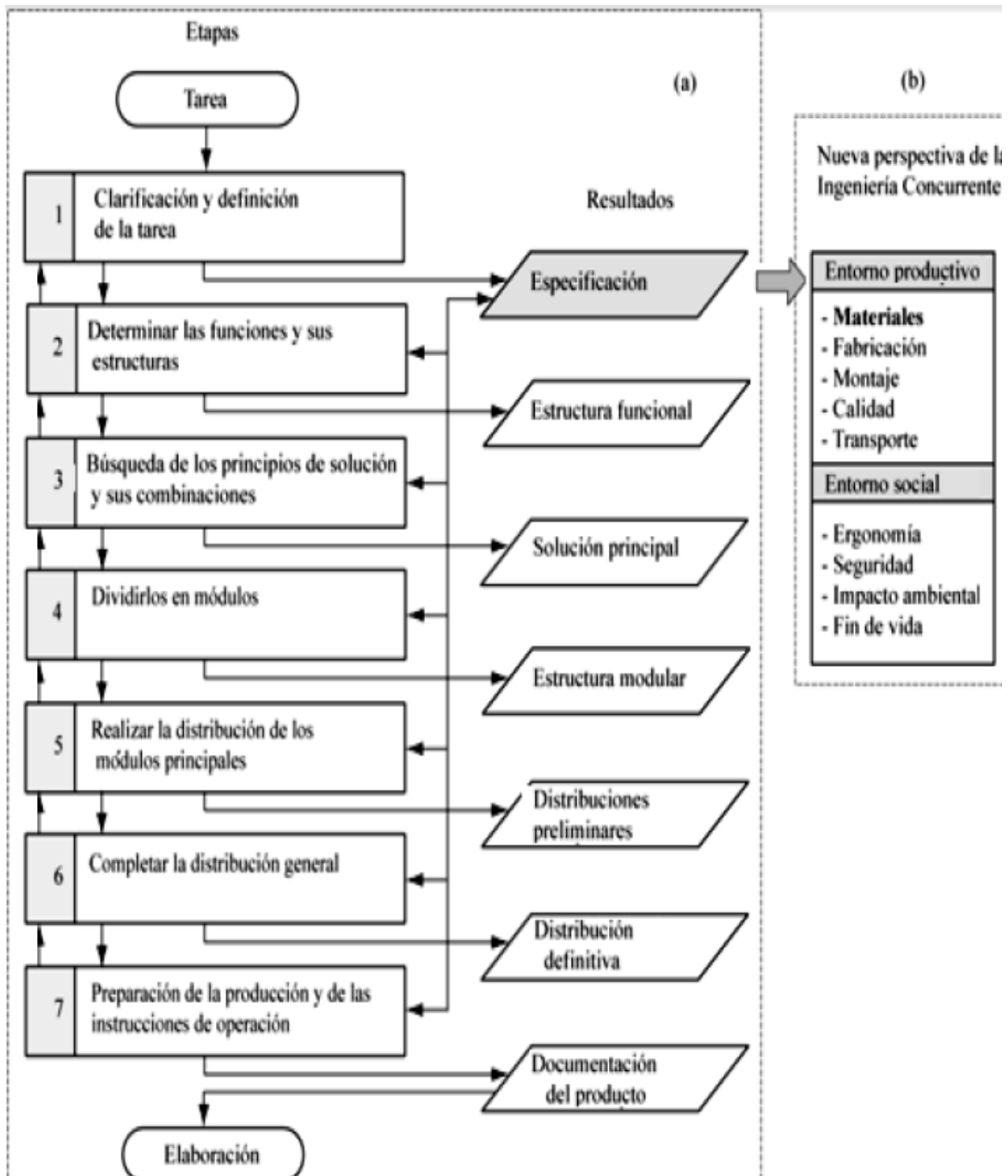


Figura 4. Norma VDI 2221.
Fuente: (Sovero, 2017)

- **Funcionamiento de una perforadora electrohidráulica:** Se detallará los principios más resaltantes a continuación:

En la Figura 05 muestra el diagrama esquemático de una perforadora bajo la acción de un sistema de percusión, en la cual el pistón de impacto golpea el adaptador de mango con elevada frecuencia y velocidad.

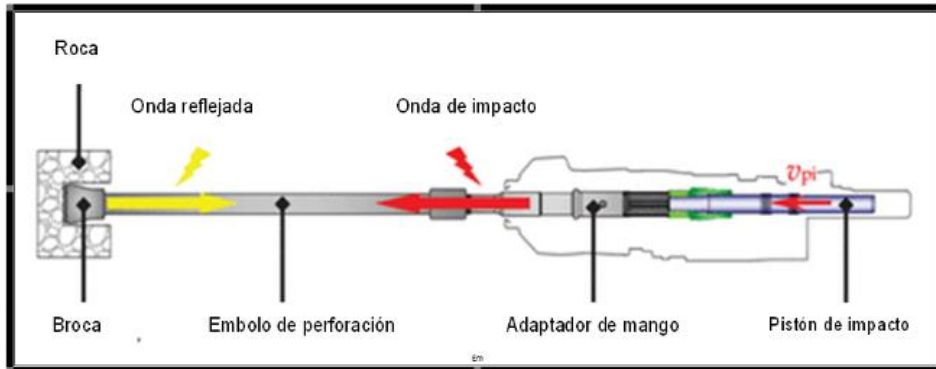


Figura 5. Diagrama esquemático de una perforadora de percusión.
Fuente: (Simba S7, 2018)

Su energía cinética se transmite a la roca a través del adaptador de mango, el émbolo de perforación, y la broca en forma de onda de esfuerzo. El pistón de impacto rebotará bajo la onda reflejada, debido a la resistencia de la onda. Así como se muestra en la figura 06, el sistema de percusión sin cámara de presión constante, está compuesto principalmente por un pistón de impacto, una válvula de carrete, un acumulador de impacto, un tapón regulador y un cuerpo.

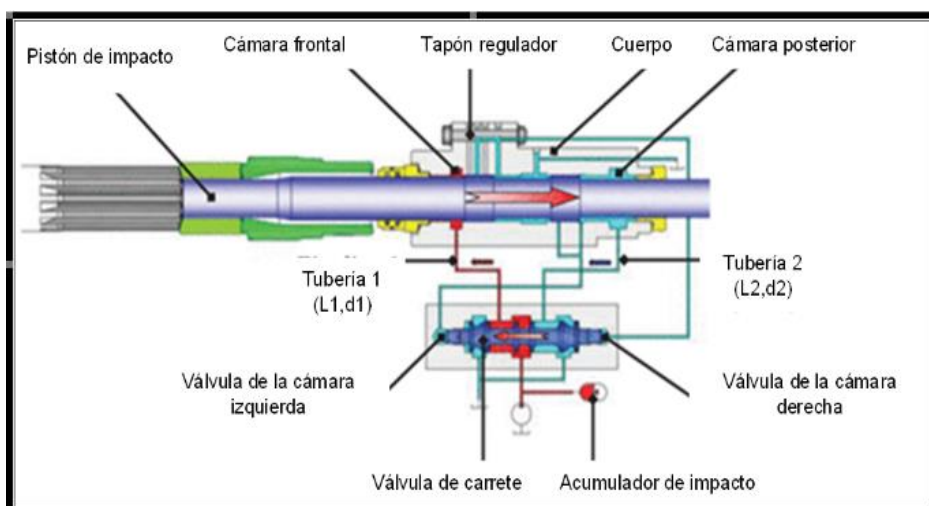


Figura 6. Diagrama esquemático del sistema de percusión.
Fuente: (Simba S7, 2018)

El pistón de impacto conecta la válvula de carrete con la tubería 1 y la tubería 2 su movimiento obedece al principio del esclavo hidráulico, la presión en los intercambios de la cámara delantera y la cámara trasera bajo una cierta frecuencia de perforación de rocas, se puede ajustar a través del tapón regulador. El modelamiento matemático del impacto del pistón se muestra en la Figura 07, $Cv1$ y $Cv2$ son las cámaras delantera y posterior del pistón de impacto, respectivamente.

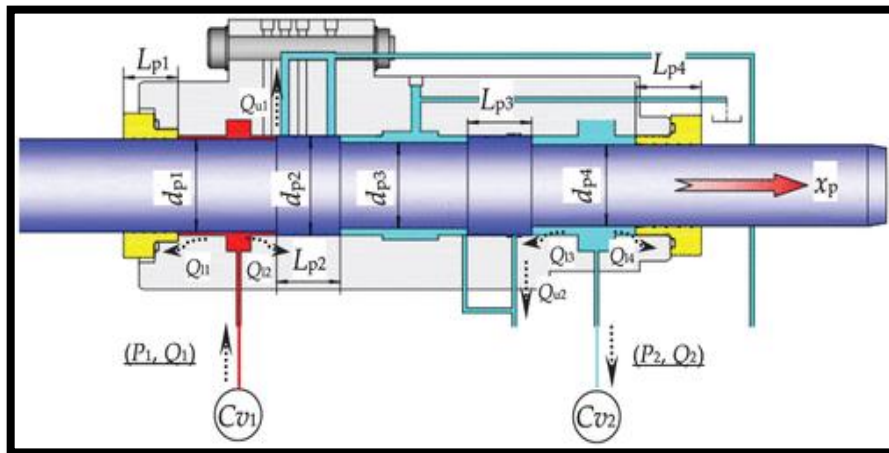


Figura 7. Diagrama de estructura del pistón de impacto.
Fuente: (Catálogo BOSCH, 2018)

- **Prueba de perforación de roca de campo:** Como se muestra en la figura 08, el taladro de roca se montó en una plataforma de perforación.

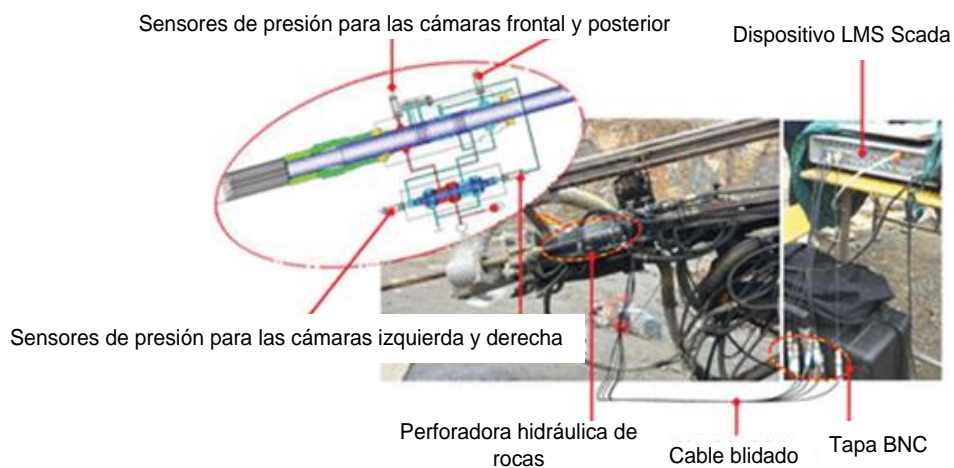


Figura 8. Diagrama de la estructura de la válvula de carrete.
Fuente: (Catálogo BOSCH, 2016).

Se instalaron sensores de presión en la carcasa. La presión en la cámara delantera y trasera del pistón de impacto y la cámara izquierda y derecha de la

válvula se probaron sincrónicamente. La frecuencia de muestreo podría alcanzar 204.8 kHz con 40 canales de apertura utilizando el LMS SCADAS Mobile. El software para la adquisición de la señal fue el LMS Test Xpress 7A. Los sensores de presión eran del tipo PPM-S114A de Titanium Electronic Equipment Company, cuya frecuencia de respuesta era de 100 kHz. Las señales de presión se transmitieron al sistema de prueba a través de un cable blindado y un conector BNC. Producto del trabajo se genera erosión por cavitación en el pistón de impacto y en la bocina que se muestran en la figura 09.

Erosión por cavitación en pistón de impacto y en bocina



Figura 9. Efecto del desgaste por erosión debido a la cavitación en el pistón de impacto y en la bocina.

Fuente: (Catálogo BOSCH, 2016).

- Componentes del sistema hidráulico de una perforadora electrohidráulica:

En la figura 10 se aprecian las principales partes de una perforadora electrohidráulica (Geoxnext, 2020).

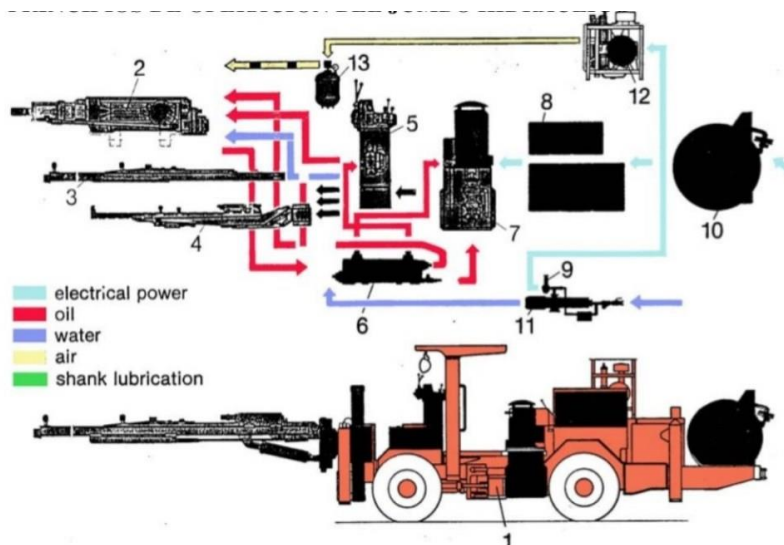


Figura 10. Partes principales de un perforador electrohidráulico.

Fuente: (Geoxnext, 2020)

Dónde:

1. Carro (carrier).
2. Perforadora hidráulica.
3. Viga de avance con parada y retorno automático.
4. Brazo con paralelismo automático.
5. Panel de control (válvulas de perforación y función automática).
6. Enfriador de aceite.
7. Paquete de poder hidráulico (motor eléctrico acoplado a doble o triple bomba hidráulica, con tanque de aceite hidráulico).
8. Caja eléctrica (interruptor principal, arrancador y equipo de protección).
9. Válvula reductora de presión de agua.
10. Tambor del cable eléctrico.
11. Bomba de agua.
12. Compresor.
13. Lubricador del aire.

Se mencionarán los componentes de mayor importancia y sus funciones:

- ✓ Bomba de pistones axiales: Es una unidad variable construida por placas inclinadas para accionamientos hidrostáticos en circuito abierto. En la figura 11 describe sus partes.

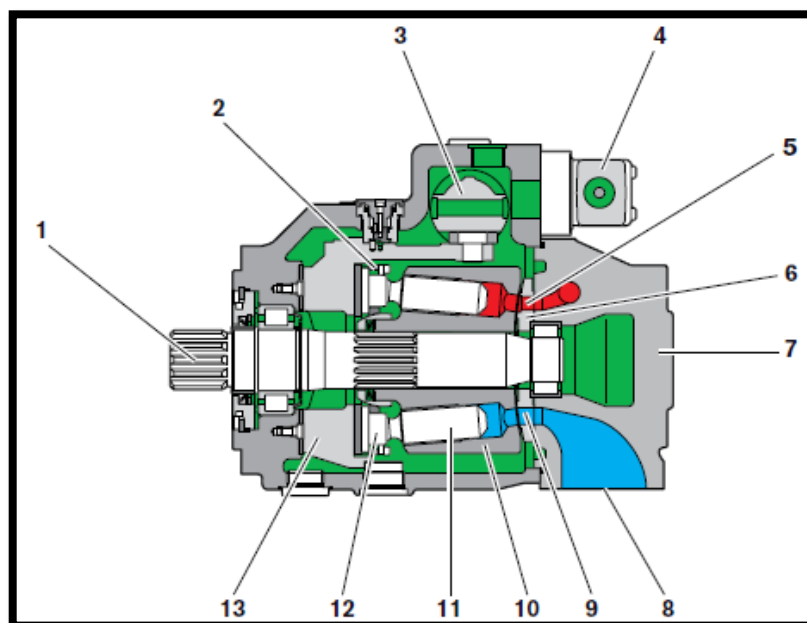


Figura 11. Construcción de la máquina a pistones axiales.
Fuente: Catálogo Bosch (2016).

Dónde:

1. Eje para accionamiento estriado.
2. Placa de retención.
3. Ajuste de pistón.
4. Válvula reguladora de mando.
5. Zona de presión alta.
6. Placa para el mando.
7. Placa para conexión.
8. Ingreso de aspiración.
9. Zona de presión baja.
10. Cilindros.
11. Pistones.
12. Patines.
13. Soporte para la basculación.

Descripción de funcionamiento de la bomba de pistones axiales:

La bomba: El accionamiento del eje (1) es accionado mediante un torque que proviene del motor de accionamiento. El cilindro (10) y el eje de accionamiento (1) giran moviendo conjuntamente a los pistones (11). Los pistones (11) por cada rotación realizan un movimiento de carrera, el valor lo define la inclinación del soporte basculante (13). Los patines (12) están guiados y retenidos por la placa de retención (2) sobre la superficie donde se desliza el soporte basculante (13).

Cada pistón se mueve durante una rotación (11) entre el punto muerto inferior y el punto muerto superior a su posición de la salida. Con ello ingresa y sale un volumen de líquido hidráulico a través de todas las ranuras de la placa de mando (6) que correspondería al área del pistón y su carrera. Desde la zona de baja presión (9), entra el líquido hidráulico a través de la conexión de aspiración o entrada (8), por la cámara del pistón que comienza a agrandarse. Al mismo tiempo se presiona la zona de alta presión (5) al líquido hidráulico mediante el pistón desde cámara del cilindro hacia la línea hidráulica (BOSCH GROUP, 2016).

El variador de flujo y presión: El ángulo para basculamiento del soporte para basculación (13) se puede variar manera continua sin saltos. Mediante una variación del ángulo de basculamiento cambia la carrera del pistón y con ello la cilindrada. La alternación del ángulo de basculamiento es realizada hidráulicamente sobre el pistón de ajuste (3). El soporte para basculación (13) se encuentra apoyado en los cojinetes basculantes para los movimientos suaves.

Al aumentar el ángulo del basculamiento se incrementa la cilindrada, y al reducir disminuye proporcionalmente. El ángulo para basculamiento no se puede reducir totalmente a cero para poder disponer de suficiente cantidad de líquido hidráulico para que se pueda enfriar de los pistones, para alimentar el variador, para poder compensar fluido de las fugas y para la lubricar de las piezas movibles (BOSCH GROUP, 2016).

Dispositivos de regulación y ajuste: El regulador de presión mantiene de manera constante la presión en un sistema hidráulico dentro del parámetro de regulación de la bomba. La presión se puede regular sin saltos en la válvula de mando (los rangos de ajuste 20 a 350 bar).

Como se muestra en la figura 12, los circuitos con regulación de presión.

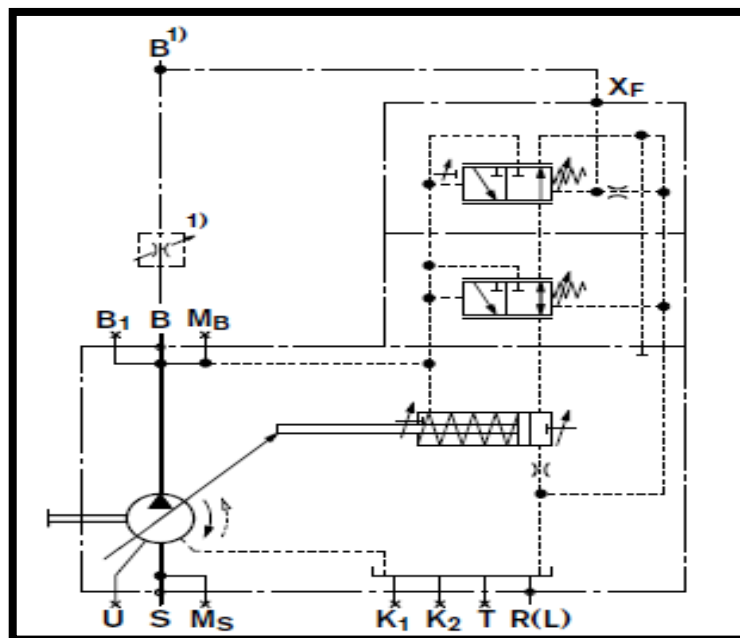


Figura 12. Circuito A4V con regulador de caudal y presión DFR.
Fuente: (BOSCH GROUP, 2016)

- ✓ **Los sistemas hidráulicos de potencia:** Se pueden dividir en tres partes fundamentales: grupo de generador de energía hidráulica, actuadores, sistemas direccionales manuales, así como se muestra en la figura 13.

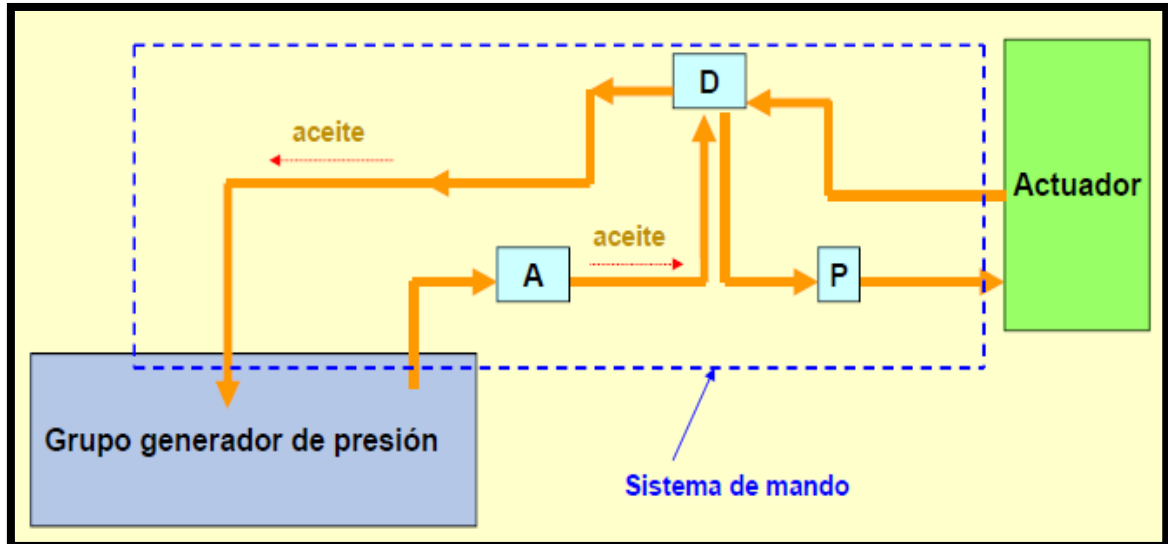


Figura 13. Sistema hidráulico potencia.
Fuente: (Catálogo BOSCH, 2016)

Grupo generador de energía hidráulica (Renedo, y otros, 2017): Su uso es para una temperatura de ambiente del fluido, también proporciona resistencia para la captación de materiales sólidos que pudieran estar dentro del circuito hidráulico, proporciona un espacio sin turbulencias para que la bomba pueda succionar aparte de la agitación ocasionada por el caudal de retorno, ayuda a controlar la variación de temperatura.

El depósito es tres veces mayor al volumen del aceite hidráulico desplazado en un minuto por la bomba; el intercambiador de calor se instala para poder refrigerar el líquido, se deduce hasta uno o dos veces. La válvula del respiradero de filtro con cartucho incorporado, mantiene la Presión Atmosférica en el depósito del fluido controlando el nivel del fluido en el tanque (activación/desactivación de actuadores).

La placa intermedia, dos/tres de la altura, se usa para que el líquido no recircule entre la parte de aspiración de la bomba ayudando a la decantación de sólidos.

En la figura 14 se muestra las partes de una unidad de potencia hidráulica.

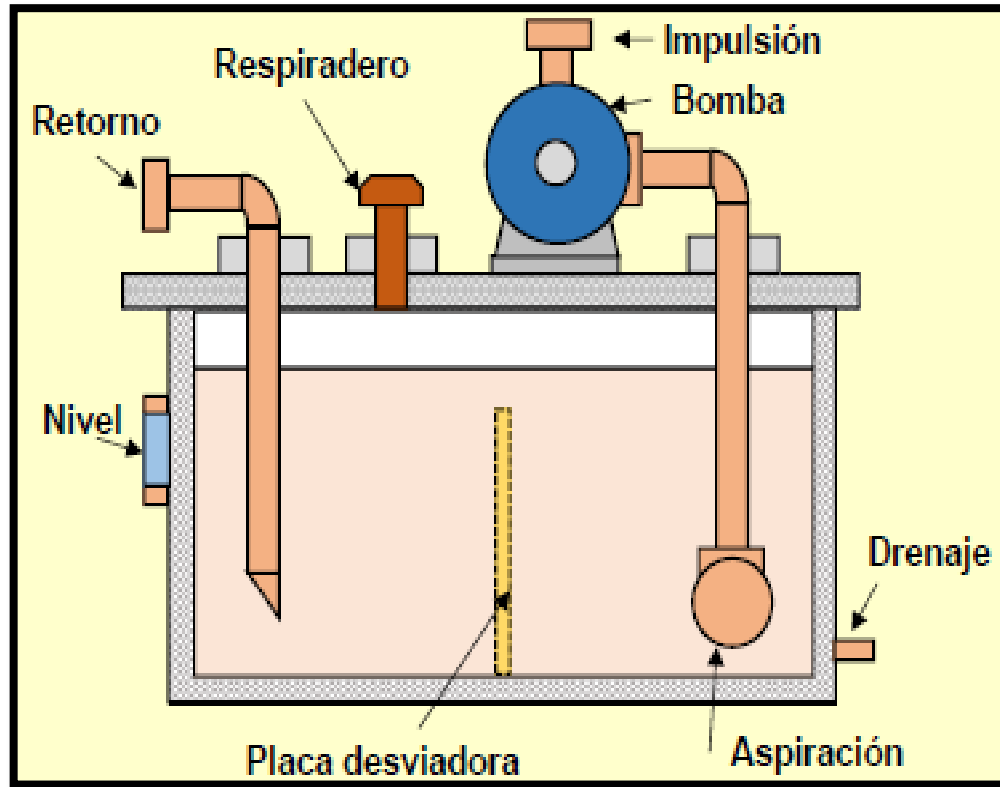


Figura 14. Tanque de unidad de potencia hidráulica.
Fuente: (Renedo, y otros, 2017)

Bomba hidráulica: Siempre es de desplazamiento positivo y sus parámetros de selección son los siguientes (Renedo, y otros, 2017):

- Necesidad presión de línea.
- Caudal de descarga.
- Necesidades para el funcionamiento de la línea hidráulica.
- Primer motor velocidad.
- La potencia y su capacidad el costo.
- Fluido compatible.
- El peso de la bomba y su volumen.
- Vibración el ruido generado.

Filtro de retorno: La bomba va para protegida por un filtro para aspiración con grado de filtrado 50 micras, es colocado en el ingreso de aceite hacia la bomba para proteger de solidos contaminantes de la línea hidráulica.

Las bombas pueden sufrir cavitación por la pérdida de carga que se introduce, se instala un nivel dentro del depósito de fluido el cual no permite aspirar sedimentación de lodo y aire.

En la figura 15 muestra el filtro de Retorno.

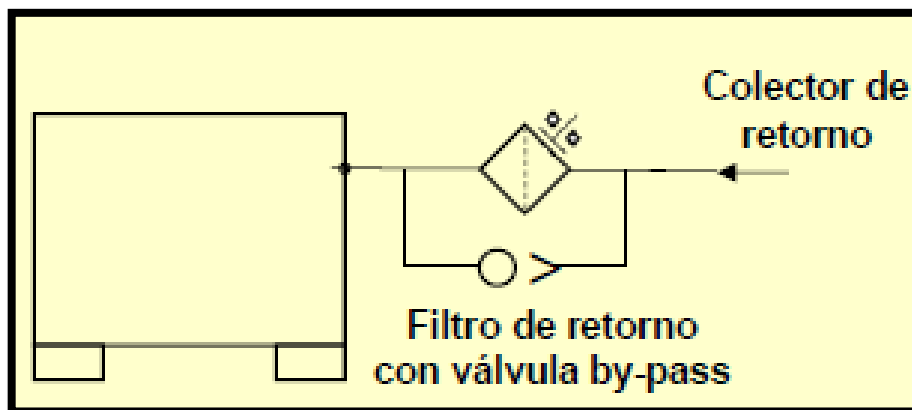


Figura 15. Ubicación de filtro de retorno con válvula bypass.
Fuente: (Catálogo Bosch, 2016).

Válvula direccional de varias vías: En la figura 17 se muestra cómo se desplazan las válvulas en el interior del bloque donde se direcciona el fluido según su posición sobre una corredera dentro de un alojamiento haciendo que el flujo se dirija a un orificio de salida de presión o retorno (Renedo, y otros, 2017).

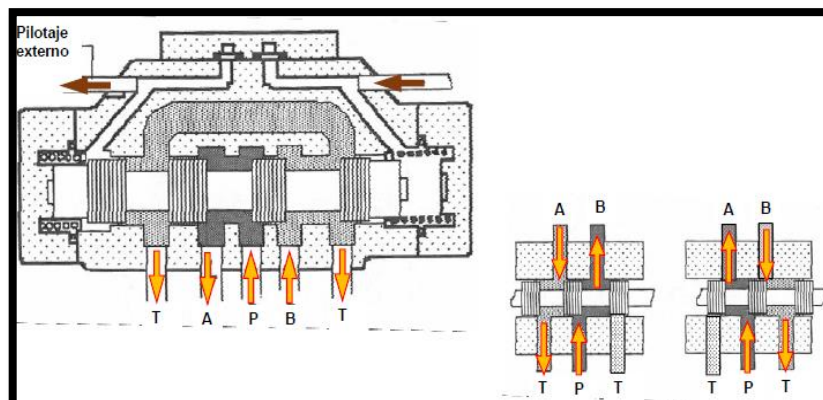


Figura 16. Válvulas direccionales de varias vías.
Fuente: (Catálogo Bosch, 2016)

En la figura 18 se muestran las válvulas hidráulicas de accionamiento manual.

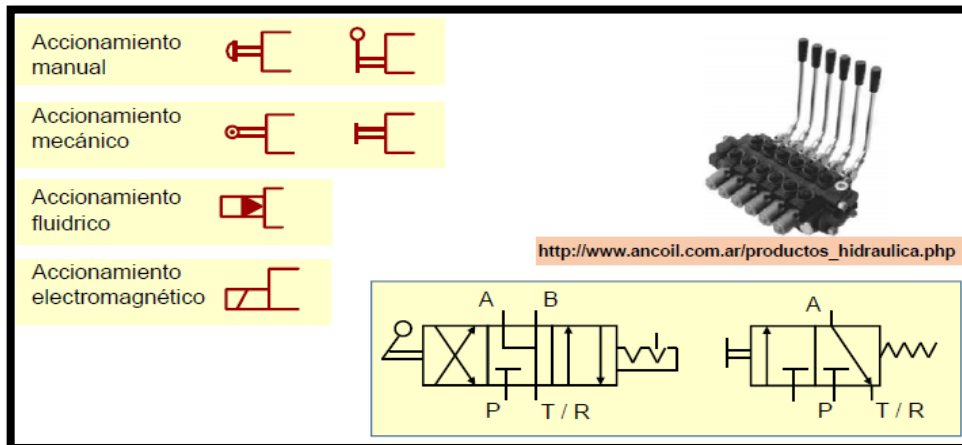


Figura 17. Accionamiento de válvulas direccionales hidráulicas.
Fuente: Catálogo Bosch (2016).

Los acumuladores hidráulicos: Son encargados de almacenar líquido presurizado para que cuando el sistema lo solicite sea liberado. Funcionan también con fuerza mecánica por un muelle (con un cilindro y émbolo) o por la despresurización de un gas, casi siempre es el nitrógeno, a través de un diafragma. Proporcionan potencia de manera auxiliar, brindan energía en caso de falla de la bomba, Compensan fugas en diferentes circuitos, Reducen picos de presión (Renedo, y otros, 2017)
En la figura 17 se muestra el acumulador de presión.

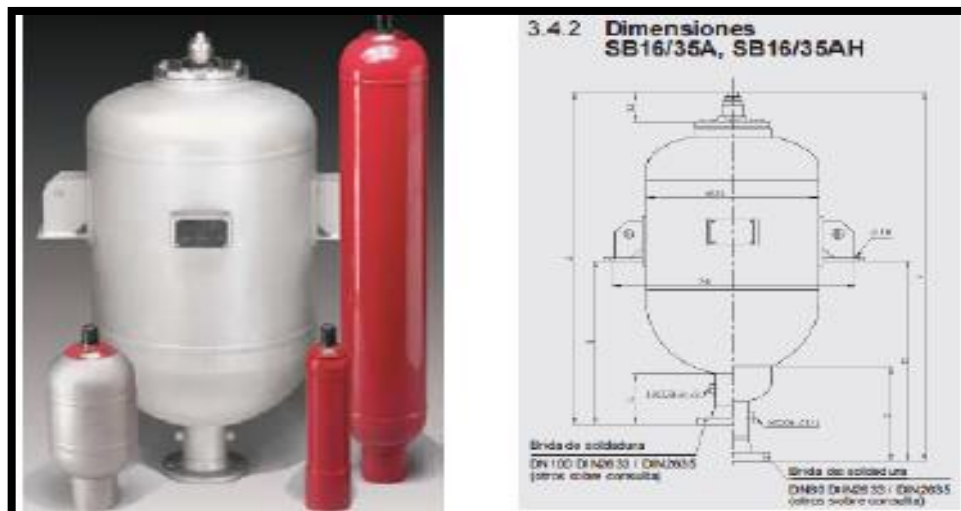


Figura 18. Acumulador de presión con membrana.
Fuente: (Catálogo Bosch, 2016)

- **MEF (método por elementos finitos):** Es una técnica numérica para poder resolver problemas que contienen un conjunto de ecuaciones diferenciales parciales. Siendo así el MEF se utilizan para analizar cualquier forma, puesto que utiliza métodos para idealizar la geometría y lograr obtener resultados con una precisión deseada (Jiménez, 2017).

Ya sea cualquiera la complejidad del proyecto o en el campo que se va a aplicar, los pasos fundamentales para cualquier proyecto de MEF es siempre los mismos, ya sea para análisis acústicos, estructurales, térmicos. Para lograr un correcto análisis del modelo geométrico se tiene que asignar propiedades de los materiales a usar en el diseño, definir las cargas a las que se van a estar expuestas y las restricciones; y al final se singulariza el modelo a analizar, a este proceso se le denomina mallado, lo cual es la división de la geometría en entidades relativamente pequeñas y que tienen formas simples, estas llamadas elementos finitos, se les denominan finitos para saber que no son infinitesimales pequeños, sino por el contrario son bastante pequeños en comparación al tamaño global del modelo (Jiménez, 2017).

Teniendo una perspectiva de la metodología del MEF se puede considerar los siguientes pasos:

- ✓ Construcción del modelamiento matemático: También llamada creación de la geometría, se elabora la geometría en un modelo tridimensional generador por un programa de diseño que esta asistido por ordenador DAO. Esta geometría debe estar apta para poder obtener una malla de elementos finitos correcto y razonablemente pequeña.
- ✓ Construcción del modelamiento de elementos finitos: En esta etapa se realiza el proceso de individualizado o también llamado generador de malla. Así también se individualiza las cargas y soportes, para aplicar nodos en las cargas y los soportes individualmente de la malla de elementos finitos. Luego el mallado realiza dos tareas, primero la sustitución del modelo continuo por uno discreto, debido a esto el mallado reduce el problema a un número finito de elementos desconocidos que se desarrollara por medio de una técnica numérica aproximada; el segundo es la solución deseada ensamblando las funciones polinómicas simples definidas de manera individual para los elementos.

- ✓ Resolución del modelamiento de elementos finitos: La aplicación realiza el cálculo, tan solo arrojando una numeración y siendo la decisión del usuario la elección.
 - ✓ Análisis de lo resultado: Se realiza la interpretación correcta del resultado según el requerimiento de las suposiciones, simplificaciones y errores introducidos en los tres pasos anteriormente mencionados.
- **Matriz morfológica:** La definición de morfología es “el estudio de la forma o patrón”, quiere decir las formas y disposiciones de las partes del objeto y como se conforma, creando un conjunto. Es un método para identificar e investigar un conjunto de soluciones posibles para un determinado problema complejo. Todo análisis morfológico está basado sobre supuestos que son los siguientes:
- Todo problema ingenieril se puede dividir en una cantidad finita de subproblemas.
 - Cada subproblema puede ser considerado de manera separada y relacionado con otros subproblemas suspendidos temporalmente.
 - Todo subproblema y solución se puede presentar en una tabla morfológica.
 - La solución global del problema complejo de ingeniería se puede encontrar en la combinación de las soluciones de los subproblemas.
 - -la solución global puede encontrarse de forma imparcial a través de la generación aleatoria de combinaciones de subproblemas con soluciones en la tabla morfológica.

La realización de una lista de atributos es el punto de partida para el método analítico – combinatorio (análisis morfológico) (Dean, y otros, 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación.

El tipo de investigación del presente trabajo, de acuerdo al fin que se persigue, es aplicada o también denominada tecnológica (Niño, 2011). Porque tomando en cuenta una evaluación inicial, conocimiento del problema existente y aplicación de conocimientos científicos, se plantea solucionar problemas de producción en la explotación minera para determinar beneficios a las empresas del rubro que tomen este reto.

El estudio dispone de un diseño de investigación No experimental pues no existirá manipulación de variables en un determinado tiempo y terminará en una proyección (Carrizales, 2018). Por lo tanto, estamos frente a resultados proyectados de un diseño específico, que lo tipifican como no experimental.

3.2. Variables y Operacionalización.

3.2.1. Variable independiente.

Diseño de perforadora electrohidráulica mediana.

3.2.2. Variables dependientes.

- Productividad de perforación.
- Indicadores económicos (VAN, TIR, ROI).
- Construcción del equipo perforador.

3.2.3. Operacionalización de variables.

Tabla 1. Operacionalización de la variable independiente y dependiente.

	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Variable Independiente	Diseño de perforadora electrohidráulica mediana.	Conjunto de pasos para realizar el dimensionamiento y selección de una perforadora electrohidráulica en función de las funciones a realizar (R. Castelo, 2010, pág. 43).	Determinación de parámetros de operación y dimensionamiento de componentes de perforadora hidráulica para roca minera	Diseño de equipo perforador.	Fichas de registros. Guía de observación. Estadística en Excel. Simulaciones en SolidWorks.	Razón
	Productividad de perforación.	El propósito de la mejorar de la productividad es aumentar la eficacia y eficiencia de la Organización para lograr los objetivos definidos en el Plan Estratégico que debería tener la empresa. (Gerens,2017)	Aumento de la velocidad de penetración en la perforación. Reducción en tiempos de perforación.	Producción del equipo	Ficha de registro. Guía de observación.	Razón
Variable dependiente	Indicadores económicos	Permiten cuantificar la garantía de la organización para ajustar costos y gastos y poderlos convertir en ventas de utilidad. (Conexionesan, 2020)	Método de valoración que permite medir si el proyecto será rentable para los inversionistas.	Costo/beneficio	VAN TIR ROI	Razón
	Construcción del equipo perforador.	Documento que contiene los requisitos de algún producto o materia prima, también llamada ficha técnica (Portal de inocuidad, 2017)	Ficha técnica de cada componente que comprende la maquina a diseñar, para luego tener su ficha técnica de este diseño.	Ficha técnica	Parámetros. Componentes. Dimensiones. Productividad.	Razón

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Población, muestra y muestreo.

3.3.1. La población: La constituyen todos los equipos de taladros largos y cortos fabricados para perforación del mineral.

3.3.2. La muestra: Está conformada por 7 equipos de taladros largos que se encuentran realizando trabajos de perforaciones en mina.

3.3.3. El muestreo: Es de tipo probabilístico aleatorio por conveniencia del autor.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Las técnicas e instrumentos necesarios para la recolección de datos del presente proyecto de tesis son:

Tabla 2. *Técnicas e instrumentos del estudio.*

Técnicas	Instrumentos
Análisis documental	Fichas de registro de datos
Observación no experimental	Guía de observación
Observación experimental	Ficha de registro
Uso de software	SolidWorks

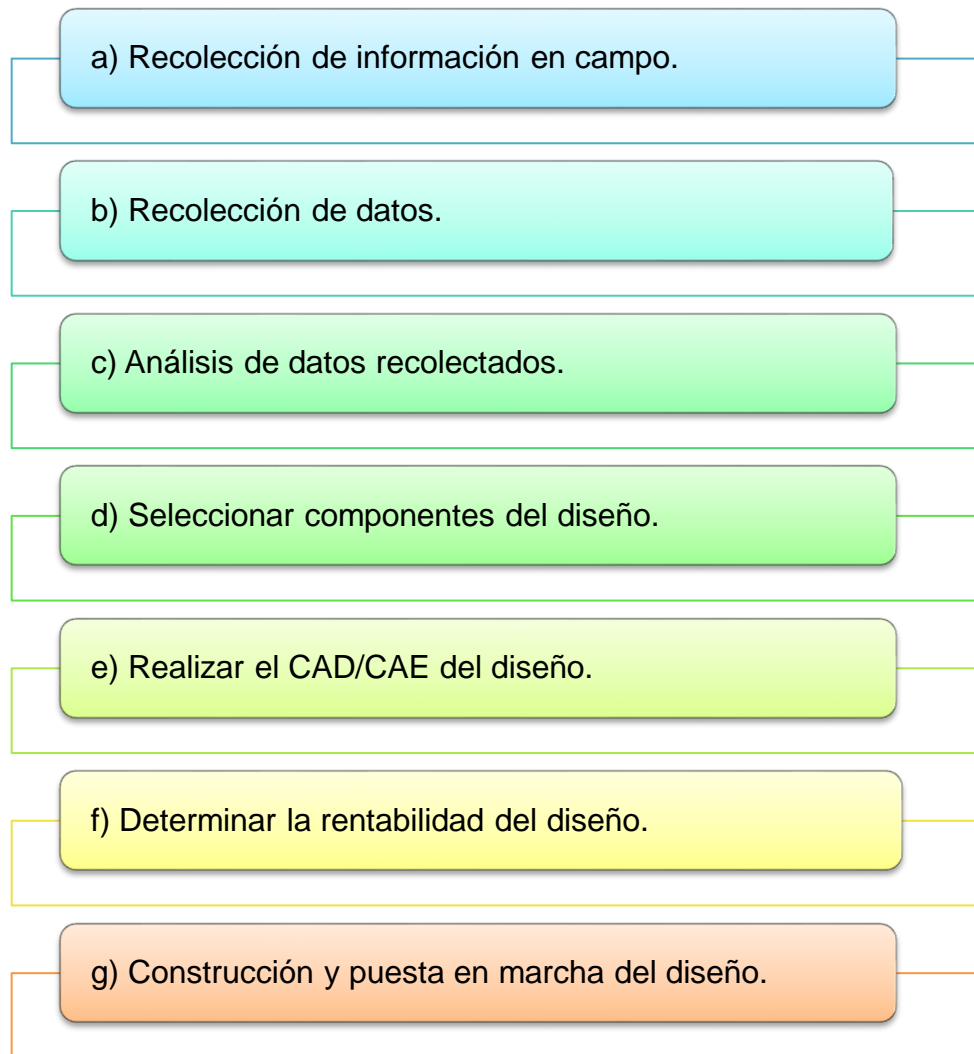
Elaboración propia.

- **Análisis Documental:** Es la técnica por la cual se analizarán en este caso los reportes u hoja de trabajo de los operadores. En estos se muestran la cantidad de perforaciones del equipo TPM. Instrumentos, técnica donde se especifica el modo en que se realizan las actividades y el tiempo que se emplean hasta su culminación. Según (Carrizales, 2018) esta técnica consiste en el ordenamiento sistemático, válido y confiable de comportamientos o conductas que se manifiestan.
- **Observación no experimental:** Es una técnica que se usa para profundizar en el conocimiento del comportamiento exploratorio (Tamayo, y otros, 2018). En esta técnica utilizaremos como instrumento las guías de observaciones para determinar los datos en campo los cuales registran los operarios.

- Observación experimental: Elabora datos en condiciones relativamente controladas por el investigador (Tamayo, y otros, 2018). Utilizará fichas de registros de las condiciones en la que va a trabajar el diseño propuesto por el autor, la cantidad de producción diaria y la productividad de perforación de las vetas angostas.
- Uso de software: En esta investigación se utilizará el software SolidWorks con la finalidad de simular las condiciones de los esfuerzos a los q va estar expuestos los componentes del diseño y tener una garantía para construir el diseño.

Para certificar la validez de los instrumentos que he utilizado, se realizó un juicio de expertos, los cuales fueron 3 (tres) especialistas y conocedores del tema, que están en constante práctica e implementación de sus conocimientos y los cuales están evidenciados en el anexo 11.

3.5. Procedimientos.



a) Recolección de información en campo: Para realizar la siguiente investigación fue necesario realizar trabajo de campo para la obtención de la problemática en relación a las perforadoras electrohidráulicas.

b) Recolección de datos: Se realiza la recolección de data documental en relación a la problemática encontrada en campo.

c) Análisis de datos recolectados: Mediante el análisis documental se identificarán y cuantificarán los datos obtenidos en campo y bibliografía.

d) Seleccionar componentes del diseño: Teniendo determinado las especificaciones técnicas se proceden a seleccionar los componentes de los cuales consta el diseño.

- e) **Realizar el CAD/CAE del diseño:** Habiendo seleccionado los componentes se realiza el dibujo del diseño (CAD) y se procede a realizar las simulaciones (CAE) bajo esfuerzos a los que será expuesto y determinar si el diseño es el correcto.
- f) **Determinar la rentabilidad del diseño:** Después de saber que el diseño es el correcto se procederá a realizar un análisis económico donde mis indicadores determinaran la rentabilidad de la inversión de la construcción y puesta en marcha del diseño.
- g) **Construcción y puesta en marcha del diseño:** Sabiendo que mi diseño funciona y es rentable, se procederá a la construcción de este y su posterior puesta en marcha en las actividades mineras.

3.6. Método de análisis de datos.

Para el análisis de los datos recolectados se utilizará el programa Microsoft Excel para obtener:

- ✓ Parámetros de operación, determinando sus valores promedio, y su tendencia.
- ✓ Avances diarios de perforación de los equipos de taladros largos, siendo tabulados para mostrar los resultados porcentuales.
- ✓ Tiempos de producción, determinando tiempos promedios de uso de los perforadores, paralizaciones y cantidad de avance.

Métodos deductivos: Para los trabajos de campo de las perforadoras, definiendo los desgastes de brocas y de componentes principales, con estos datos se podrán identificar los esfuerzos a los que se están expuestos por causa del trabajo diario.

Métodos analíticos: Los cuadros y graficas obtenidas del software Microsoft Excel de los datos recolectados se interpretarán para dar un criterio al diseño cumpliendo las exigencias del trabajo en mina.

También el uso del software SolidWorks para poder realizar el dibujo y los análisis respectivos, siendo útil la interpretación del informe que arroja este.

Usando la metodología VID2225 nos ayudará para poder seleccionar correctamente los componentes y el material que se utilizará para la construcción del diseño, optimizando costos de inversión.

Los formatos de registros y toma de datos serán los formatos de la empresa minera los cuales han sido validados por el supervisor y/o ingeniero responsable de la validación de expertos.

3.7. Aspectos éticos.

La originalidad de la investigación es propia del autor, toda la información está correctamente citada, se mencionará la información bibliográfica recolectada para el desarrollo de la investigación.

A pedido de la compañía minera su nombre se mantendrá de manera confidencial haciendo referencia a esta como empresa del rubro minero.

IV. RESULTADOS

Teniendo presente los objetivos planteados se procede a realizar la evaluación técnica y económica del diseño del equipo de perforación electrohidráulico mediano.

4.1. Evaluar las condiciones actuales y tradicionales de explotación minera:

4.1.1 Situación actual de la mina Uchucchacua:

Descripción de la mina: Uchucchacua se encuentra ubicada a 4,500 metros sobre el nivel de mar y perteneciente al consorcio minero CIA Buenaventura, produciendo plata, plomo y zinc; se encuentra ubicado en el distrito de Oyón, provincia de Oyón, Región Lima. Es una operación minera que trabaja de manera subterránea que produce plata, plomo y zinc, iniciando sus actividades en el año de 1975.

Es un yacimiento argentífero con metales bases y de alto contenido de manganeso que está presente en rocas carbonatadas de formación Jumasha perteneciente al cretáceo superior.

Su proceso metalúrgico consta de dos circuitos una capacidad de 2,810T/D que es el chancado, molienda, flotación y se obtienen plomo-plata, zinc-plata y pirritas; y en segundo circuito con capacidad de 1,190T/D similar al mismo circuito, pero se incluye una segunda etapa de chancado y obteniendo los mismos minerales.

Producción: En el siguiente cuadro se muestra la producción de los últimos cinco años de mineral.

Tabla 3. *Producción de los últimos cinco años.*

Años	Cantidad en onzas Ag.
2015	13,919,922
2016	16,212,746
2017	16,583,698
2018	15,420,102
2019	10,640,913

4.1.2 Condiciones tradicionales de explotación minera:

En la actualidad en la mina Uchucchacua, se realiza el desarrollo, preparación y explotación del mineral con equipos de grandes dimensiones, lo cual genera un costo de operación mayor, así mismo hay una gran demanda de los equipos de mayor dimensión y una oferta muy reducida de la producción de estas y es así que se identifican las siguientes condiciones:

- La fabricación de estos equipos demanda mayor tiempo e inversión
- Las labores se realizan en secciones de $4\text{ mts} \times 4\text{ mts}$, lo cual genera un volumen de 16 m^3 de desmonte en tan solo 1 metro de avance.
- En esta sección se instalan pernos de sostenimiento por una cantidad de 6 unidades y es ahí donde se instala una malla de sostenimiento en un metro de avance, es de 9.33 m^2 en una sección de $4\text{ mts} \times 4\text{ mts}$.
- El lanzador de SHOTCRETE (mezcla de concreto vía húmeda) para este tipo de secciones es de 1.66 m^3 .

Por tal razón el costo de laboreo minero en una sección de $4\text{ mts} \times 4\text{ mts}$ como se representa en la figura 19, es de gran inversión para una producción mensual de 39,606.0 toneladas métricas húmedas (TMH), Tal como se muestra en la tabla 3.

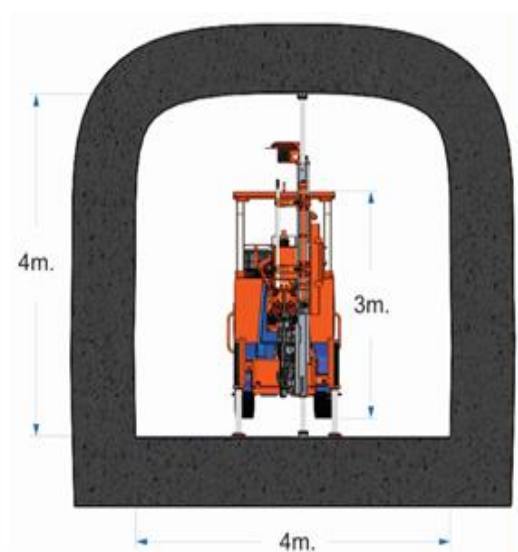


Figura 19. Secciones de $4 \times 4\text{ m}$.
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 04 se realiza la comparación de eficiencia de los equipos de perforación de secciones de 4mts x 4mts, se toma como referencia los equipos que se encuentran laborando en el interior de la mina, siendo un total son 7 equipos, logrando un avance máximo es de 25 m/hr, siendo este dato como referencia para el diseño de nuestro equipo.

Tabla 4. Rendimiento de los equipos de 4mts x 4mts.

Resumen rendimiento de equipos en secciones 4mts x 4mts						
Equipos JH	M. total (mes)	Días trabajadas / mes	Guardias trabajadas	Metros / guardia	Horas / guardia	Rendimiento (mts / hora)
RESEFER 01	5249.4	28.0	56.0	93.7	4.3	21.79
RESEFER 02	5950.2	25.5	51.0	116.7	4.5	25.93
RESEFER 03	5762.4	27.5	55.0	104.8	4.5	23.28
RESEFER 04	4066.2	23.5	47.0	86.5	4.2	20.60
RESEFER 05	6541.2	25.5	51.0	128.3	4.7	27.29
RESEFER 06	6286.2	23.5	47.0	133.7	4.6	29.08
RESEFER 07	5750.4	23.5	47.0	122.3	4.5	27.19
Total Avance	39,606.0	25.3	50.6	112.3	4.5	25.0

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene la unidad métrica de tonelada métrica húmeda (TMH), la cual se tiene que convertir en toneladas de mineral extraído en una simple ecuación:

$$1 \text{ TMH} = 3 \text{ toneladas de mineral}$$

$$39,606.0 \text{ TMH} \times \frac{3 \text{ toneladas mineral}}{1 \text{ THM}} = 118,818 \text{ toneladas de mineral}$$

Se tiene que la mina extrae un total de 118,818 toneladas de mineral.

Se tiene conocimiento que son 7 equipos de perforación se determinara cuantas toneladas promedio extrae cada una.

$$\frac{118,818}{7} = 16,974 \text{ toneladas}$$

Cada equipo extrae un promedio de 16,974 toneladas de mineral.

En la tabla 5 se indicara el costo para poder realizar los laboreo minero con equipos de perforación de secciones de 4 mts × 4mts.

Tabla 5. *Tarifa de Laboreo en secciones 4 mts × 4mts*

Tarifa De Laboreo en secciones 4 mts × 4mts					
Avances	1000	\$530.14	7 Pies	\$530,140.48	Monto Inversión (\$) 1,840,807.58
Sostenimiento	6330	\$15.27	5 Pies	\$96,659.10	
Malla	9330	\$9.80		\$91,434.00	
Shotcrete	1660	\$38.90		\$64,574.00	
Volumen Roto	16000	\$38.00		\$608,000.00	
Costo del equipo	1	\$450,00 0.00		\$450,000.00	

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener este dato del porcentaje de calidad del mineral se utiliza la fórmula:

$$\text{Recuperación} = \frac{\text{Potencia (ancho de veta)}}{\text{Ancho de minado}} \times 100\%$$

Donde:

Potencia o ancho de veta = 2 metros.

Ancho de minado = 4 metros del equipo perforado.

$$\text{Recuperación} = \frac{2}{4} \times 100\%$$

$$\text{Recuperación} = 50\%$$

Tabla 6. *Factores Influyentes.*

Factores Influyentes	
*Calidad del mineral es bajo debido a la contaminación con el desmante, por la sobre apertura de la zona mineralizada	50%
A mayor sección aperturada es mayor el riesgo de agentes y condiciones peligrosas, como caída de rocas, alturas inadecuadas para el trabajo	Potencial Alto

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Identificar los procesos idóneos de perforación requeridos:

4.2.1. Determinación de dimensión de perforación:

Lo que se plantea es, proponer equipos con dimensiones menores como se muestra en la figura 20 a los que se tienen actualmente en la unidad operativa como se muestra en la figura 19, de tal manera que podamos reducir los costos de preparación, desarrollo y explotación, sin bajar la producción mensual obteniéndose las siguientes condiciones:

- La fabricación de equipos pequeños demanda un menor tiempo de construcción y una menor inversión.
- Las labores en secciones de $2.5mts \times 2.5mts$ generan un volumen de $6.25m^3$ de desmonte en un metro de avance.
- En la sección de $2.5mts \times 2.5mts$ se instala pernos de sostenimiento en 4 unidades, se instala la malla de sostenimiento en un metro de avance, es de $6m^2$ en una sección de $2.5mts \times 2.5mts$.

El lanzador de SHOTCRETE (mezcla de concreto vía húmeda) para este tipo de secciones es de $0.92 m^3$.

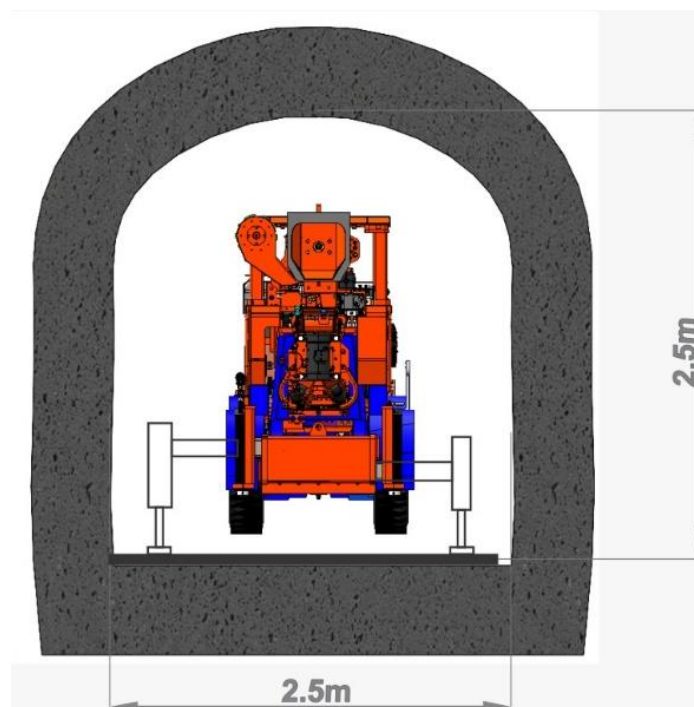


Figura 20. Veta de 2.5x2.5 m.
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo por resultado que la reducción de sección de perforados en las vetas repercute en directamente a la inversión siendo esta mucho menor a la inversión de una sección mayor, así también se disminuyen grandes cantidades de desmonte y producto de ello la ley del mineral incrementa. Se realiza la elaboración de la tabla N°07 en el cual se detallan los montos de inversión de una sección de 2.5mts × 2.5mts y en el cual se aprecia que hay un gran significativo ahorro sin necesidad de reducir la producción mensual de la mina y a su vez conllevando a ser un segundo análisis disminuyendo la sección de perforación y llevando a un ahorro mucho mayor en relación a la perforación tradicional que tiene la unidad minera.

Tabla 7. *Tarifa De Laboreo en secciones 2.5mts × 2.5mts.*

Tarifa De Laboreo en secciones 2.5mts × 2.5mts.					
Sección	Cantidad/m	P.U \$	Unidad	Monto Costo Directo	Monto de Inversión
Avances	1000	\$312.28	7 Pies	\$312,280.00	
Sostenimiento	4160	\$12.31	5 Pies	\$51,209.60	
Malla	6000	\$9.80		\$58,800.00	
Shotcrete	920	\$38.90		\$35,788.00	\$1,045,577.60
Volumen Roto	6250	\$38.00		\$237,500.00	
Costo del equipo	1	\$350,000.00		\$350,000.00	
Ahorro en una ejecución de labores con equipo pequeños				\$795,229.98	

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene que el ahorro que la mina puede lograr a tener por realizar laboreos con equipos de perforación de menor dimensiones alcanza la suma de \$795,229.98 mensualmente.

Para obtener este dato del porcentaje de calidad del mineral se utiliza la fórmula:

$$\text{Recuperación} = \frac{\text{Potencia (ancho de veta)}}{\text{Ancho de minado}} \times 100\%$$

Dónde:

Potencia o ancho de veta = 2 metros.

Ancho de minado = 2.5 metros del equipo perforado.

$$\text{Recuperación} = \frac{2}{2.5} \times 100\%$$

$$\text{Recuperación} = 80\%$$

Tabla 8. *Factores influyentes.*

Factores Influyentes	
Calidad del mineral mejora debido a la contaminación con el desmonte es en menor proporción, en esta situación ya se controla la apertura del área de la sección	80%
El riesgo de agentes y condiciones peligrosas, como caída de rocas, alturas inadecuadas para el trabajo, se minimizan, debido a que la apertura de la sección es más controlada.	Riesgo de Accidentabilidad Bajo

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo esta problemática evidenciada en las operaciones de CIA de Minas Buenaventura, se realizó la reformulación del uso de equipos con dimensiones de secciones de 2.5mts x 2.5mts, siendo así los más adecuados para la explotación minera, sin perjudicar el performance, aumentando el rendimiento en metros perforados por hora e incrementando la producción mensual de la mina.

En la tabla 9 se muestra que este equipo de menor dimensión puede obtener mayor TMH en un mes que los tradicionales, conllevando a su vez que la ley del mineral incremente en el 80% y reduciendo los riesgos laborales.

Tabla 9. *Rendimiento en equipo para secciones de 2.5mts × 2.5mts.*

Resumen rendimiento de equipos en secciones 2.5mts × 2.5mts						
Equipos JH	M. total (mes)	Días trabajadas / mes	Guardias trabajadas	Metros / guardia	Horas / guardia	Rendimiento (mts / hora)
Equipo pequeño	6,811.99	28.0	56.0	121.64	4.3	28.29
Total Avance	6,811.99	28.0	56.0	121.64	4.3	28.29

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene la unidad métrica de tonelada métrica húmeda (TMH), la cual se tiene que convertir en toneladas de mineral extraído en una simple ecuación:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ TMH} &= 3 \text{ toneladas de mineral} \\
 6,811.99 \text{ TMH} &\times \frac{3 \text{ toneladas mineral}}{1 \text{ THM}} \\
 &= 20,435.97 \text{ toneladas de mineral}
 \end{aligned}$$

Tenemos que este equipo extrae un aproximado de 20,435.97 toneladas de mineral siendo un incremento del 52.84% en relación a un equipo de mayor dimensión.

4.2.2. **Elaboración de matriz morfológica:**

Se procede a la elaboración de la matriz morfológica, en la cual se realizó un análisis funcional del diseño, donde se identificaron los parámetros principales los cuales son indispensables para obtener una buena toma de decisiones para la adquisición de los componentes del nuevo equipo de perforación electrohidráulica. Para ello se elaboraron 3 alternativas para el diseño del equipo de perforación donde en la tabla 10 se muestra la matriz morfológica en la cual se desarrollan las soluciones y las subfunciones para elegir la más óptima y en la tabla 11 se elaboran los criterios ponderados para la toma de la decisión.

Descripción de las soluciones:

a) Alternativa 1 – Equipo Neumático, figura 22: El equipo para moverse requiere de un equipo adicional como es un remolque, esto

pone trabas a la disponibilidad del equipo. Por otro lado, la presión de aire es indispensable para el movimiento del brazo del equipo, el problema es por la longitud de las mangueras se pierde la presión de aire dificultando el funcionamiento. Mencionado lo anterior el equipo no cumple con la eficiencia. Dicho esto, se descarta la alternativa.



Figura 21. Equipo Neumático.
Fuente: CIA buenaventura.

b) Alternativa 2 – Equipo Electrohidráulico sin Motor Diésel, figura 25:

El equipo para movilizarse requiere de un equipo adicional como es un remolque, esto pone trabas a la disponibilidad del equipo. Es eficiente, pero no cumple con lo requerido debido a la imprecisión de sus movimientos debido a que todos los movimientos son a través de electroválvulas. El aumento en la seguridad del operador se refleja con respecto a la alternativa 1, pero con las nuevas normas y leyes este equipo no cumple con lo requerido.

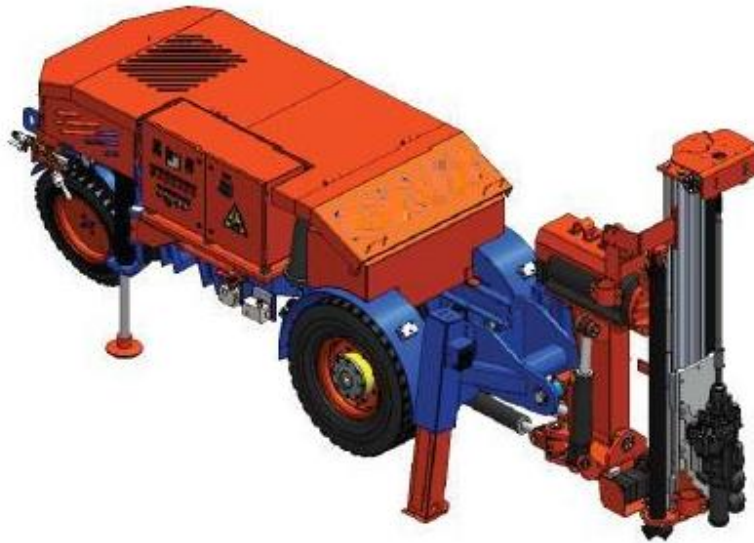


Figura 22. Equipo Eléctrico.
Fuente: Elaboración propia.



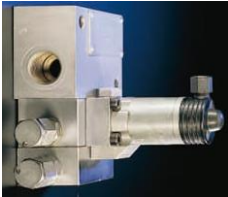
c) Alternativa 3 – Equipo Electrohidráulico con Motor Diésel, figura 26:

Este equipo al tener motor diésel aumenta su disponibilidad y la precisión en sus movimientos es mejor debido a que dispone de un flujo eléctrico estable. Con respecto a seguridad cumple con las normativas vigentes y no expone al operador a los peligros. El coste de mantenimiento es más bajo debido a que sus componentes son de alta duración.



Figura 23. Equipo Electrohidráulico mediano.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Evolución de las alternativas de solución.

Soluciones	Equipo neumático.	Equipo electro-hidráulico sin motor diésel.	Equipo electro-hidráulico con motor diésel.
Subfunciones			
Eficiencia (metros perforados)	Bajo	Medio	Alto
Control del Movimiento Brazo	Presión de aire no constante movimientos demasiado lentos, no controlables	Movimientos muy rápidos, no se tiene precisión centra en el punto requerido lo cual genera un control inestable	Movimiento presenta precisión, se puede regular y da mejor confianza
Durabilidad e insumos (Combustible, Aceite, Mangueras)	No utiliza combustible, usa aire comprimido húmedo lo cual genera una vida útil menor	No utiliza combustible, utiliza electro válvulas de alto consumo eléctrico	Usa combustible diésel, con mandos hidráulicos directos de alta durabilidad
			
Velocidad de Perforación	Bajo	Medio	Alto
Ratio de consumo de energía eléctrica / aire	Alto	Alto	Bajo
Movilidad del Equipo (transporte)	Uso de equipo adicional para remolque - costo adicional	Uso de equipo adicional para remolque - costo adicional	Autopropulsado Sin costo adicional
Actuador	Neumática	Eléctrica - Hidráulico	Hidráulico
Fuente de Energía para la perforación	Neumática	Eléctrico	Eléctrico

Elaboración propia.

Criterios para evaluación del diseño.

P: Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según la norma VDI 2225)

0 (Insuficiente) / 1 Apenas aceptable / 2 Suficiente / 3 Buena / 4 Muy Buena

G: Peso ponderado según importancia de los criterios (de 1 a 5)

Tabla 11. *Criterios de Evaluación del Diseño.*

Variantes de concepto		Equipo neumático	Equipo electro-hidráulica sin motor diésel	Equipo electro-hidráulica con motor diésel				
Ítem	Criterio de Evaluación	g	P	g*p	p	g*p	p	g*p
1	Eficiencia del Equipo (metros perforados)	5	1	5	2	10	4	20
2	Precisión movimiento	4	2	8	3	12	4	16
3	Coste Mantenimiento	3	2	6	3	9	4	12
4	Velocidad Perforación	3	2	6	3	9	4	12
5	Seguridad operador	4	1	4	2	8	3	12
6	Confiabilidad equipo	2	2	4	3	6	4	8
7	Uso eficiente energía	3	3	9	3	9	4	12
8	Facilidad operación	3	3	9	3	9	3	9
Sumatoria (Σ)		27	16	51	22	72	30	101
Valor Técnico (Wt)		0.50		0.69		0.94		

Elaboración propia.

4.3. Desarrollo del diseño de detalle de solución elegida y su construcción:

Para comenzar con el proceso de diseño y construcción de perforadora electrohidráulica con motor diésel, se seguirá los pasos de la metodología de ingeniería concurrente. Para ello se propone un flujograma de procesos general y la respectiva planificación de actividades las cuales nos permitirán alcanzar los objetivos, tal como se muestran en la figura 24, figura 25 y tabla 12.

Tabla 12. Programación de actividades.

Proyecto	Fecha inicio prevista	Días trabajados	Fecha final prevista	Situación	Días para el final	Avance
DISEÑO	3-jun.-20	15	18-jun.-20	Terminado	0	100%
ESPECIFICACIONES TECNICAS	19-jun.-20	1	20-jun.-20	Terminado	0	100%
PLANEAMIENTO	20-jun.-20	1	21-jun.-20	Terminado	0	100%
INICIO COMPRAS	21-jun.-20	20	11-jul.-20	Terminado	0	100%
INICIO CORTE	22-jun.-20	5	27-jun.-20	Terminado	0	100%
INICIO MECANIZADO	23-jun.-20	20	13-jul.-20	Terminado	0	100%
INICIO ARMADO	25-jun.-20	30	25-jul.-20	Terminado	0	100%
INICIO SOLDADURA	27-jun.-20	20	17-jul.-20	Terminado	0	100%
ARENADO	17-jul.-20	2	19-jul.-20	Terminado	0	100%
PINTURA BASE	20-jul.-20	5	25-jul.-20	Terminado	0	100%
PINTURA ACABADO	21-jul.-20	5	26-jul.-20	Terminado	0	100%
INICIO MONTAJE	23-jul.-20	9	1-ago.-20	Terminado	0	100%
INICIO ELECTRICISTAS	23-jul.-20	9	1-ago.-20	Terminado	0	100%
PRUEBAS HIDRAULICAS	1-ago.-20	1	2-ago.-20	Terminado	0	100%
PRUEBAS 440 V	1-ago.-20	1	2-ago.-20	Terminado	0	100%
ENTREGA DEL EQUIPO	3-ago.-20	1	4-ago.-20	Terminado	0	100%
TRASLADO DEL EQUIPO	4-ago.-20	2	6-ago.-20	Terminado	0	100%
PROTOCOLOS / CAPACITACIÓN	6-ago.-20	3	9-ago.-20	Terminado	0	100%
PUESTA EN MARCHA	10-ago.-20	6	16-ago.-20	Terminado	0	100%
PUESTA EN ACTIVIDAD	17-ago.-20	7	1-sep.-20	En curso	8	0%
INSPECCIÓN FINAL / COORDINACIÓN	2-sep.-20	-9	5-sep.-20	En curso	12	0%

Fuente: Elaboración propia.



Figura 24. Detallado del proceso de diseño y construcción.

Fuente: Elaboración propia.

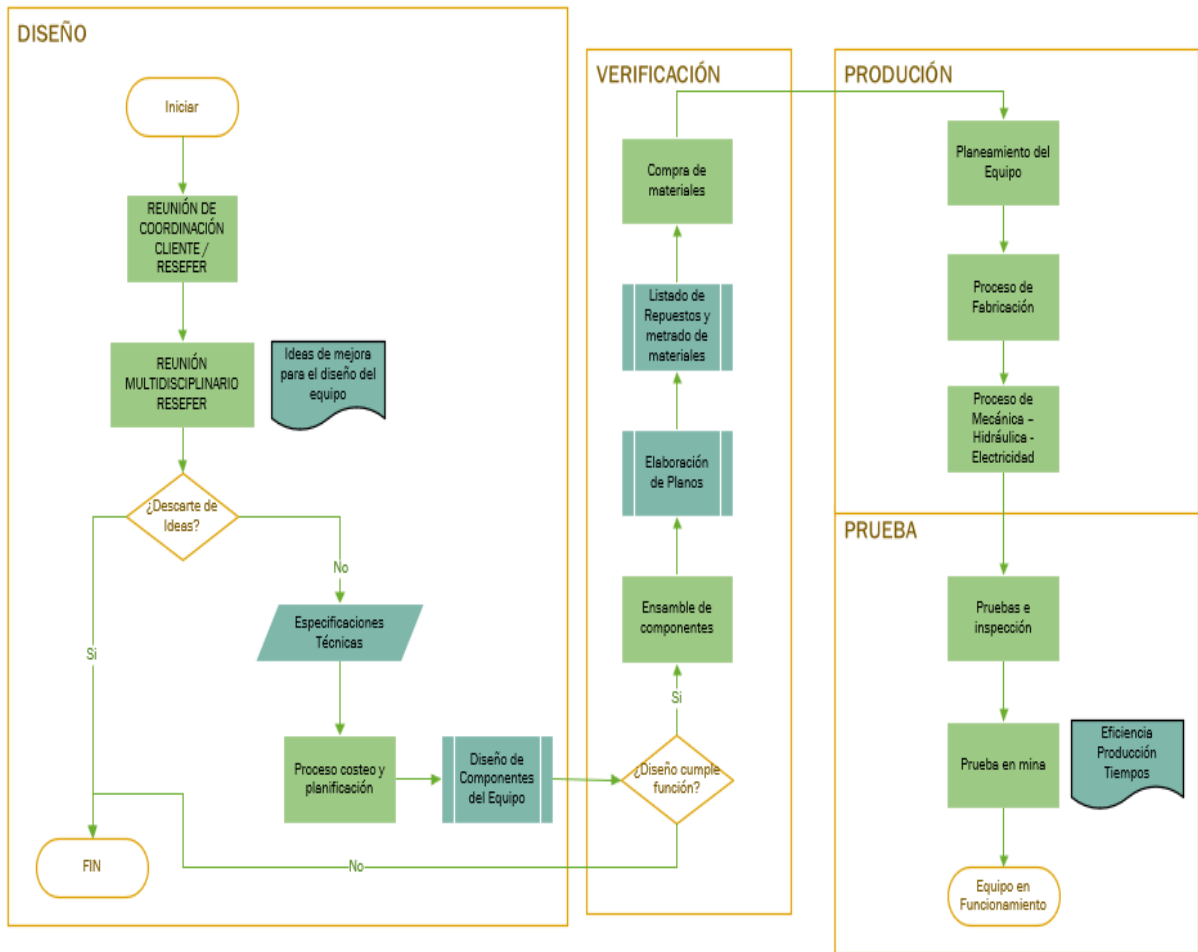


Figura 25. Proceso de diseño y construcción.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.1. Requerimientos mecánicos – eléctricos:

- Por el dimensionamiento del equipo los componentes deberán ser ubicados en puntos de fácil acceso, esto permitirá al operador y su ayudante realizar el mantenimiento preventivo más rápido, además, se debe tener en cuenta cuales son las válvulas que tienen mayor rotación.
- El sistema hidráulico y eléctrico por su complejidad y espacio que usa, se deberán seleccionar modelos electrohidráulicos.
- El sistema de control de movimiento deberá tener todas las funciones para dar estabilidad al momento de realizar la perforación.
- El Equipo de Perforación para vetas angostas y su funcionamiento es diseñado de manera conjunta para definir y alcanzar de una mejor manera los objetivos del cliente.

4.3.2. Etapa de diseño y fabricación del prototipo:

4.3.2.1. Etapa de diseño:

El diseño de los componentes forma parte de las necesidades específicas, debido a que se propone brindar el mejor servicio de calidad. Mediante los conocimientos de dibujo industrial, resistencia de materiales, mecánica y el software SolidWorks, se proyectará los componentes que debe satisfacer dicha necesidad del cliente. Por lo cual seguiremos las fases de la metodología de la Ingeniería concurrente:

a) Fase conceptual o definición de requerimientos:

En esta fase teniendo definido el requerimiento, luego se realiza mediante la técnica de brainstorming y las experiencias en el campo.

Se realizan planos posibles de las alternativas que permitirán mejorar el diseño de los componentes del equipo de perforación para vetas angostas de taladros largos.

Además, se tiene presente las especificaciones técnicas del diseño, síntesis de las estructuras para definir el tipo de mecanismo y subsistemas, síntesis cinemática para definir las dimensiones de los componentes para cumplir con la movilidad requerida.

b) Selección de materiales:

Para los materiales de los componentes se consideró los siguientes:

- i. Acero estructural ASTM A36: netamente para la estructura.
- ii. Acero AISI 1045: para fabricar los postizos soldables a las estructuras.
- iii. Acero AISI 3215 para fabricar las bocinas que se agregan a los componentes.

c) Selección de repuestos:

Para seleccionar repuestos se mostrará en la figura 26 la ubicación de estos, así se podrá observar lo requerido para su funcionamiento.

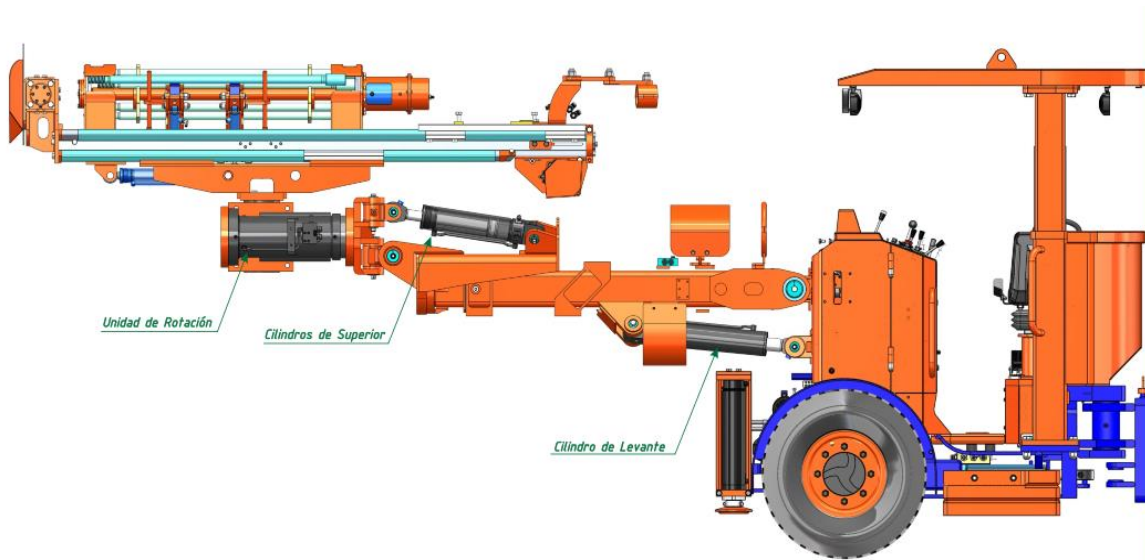


Figura 26. Ubicación Unidad de Rotación y Cilindro de Levante.
Fuente: Elaboración propia.

d) Cálculo para la selección de cilindros hidráulicos.

Para seleccionar las dimensiones de los cilindros, se procedió a calcular tomando en cuenta la presión del sistema 180 Bar, el peso de la estructura es de 2TN, fuerza ejercida y los requisitos de espacio. Los componentes críticos en un cilindro hidráulico son el vástago y el cilindro (tubo) debido a que estos resisten toda la presión aplicada por el sistema, a continuación, se muestra las partes en la figura 27.

A continuación, se presenta el cilindro de levante del brazo.

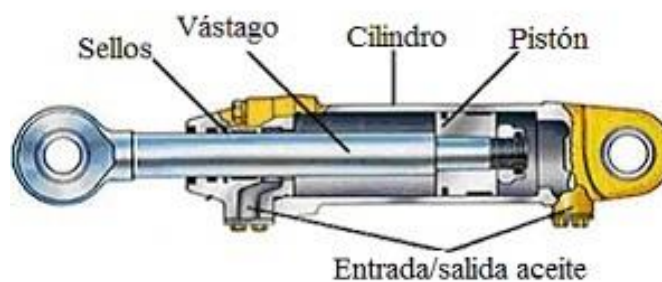


Figura 27. Partes del Cilindro Hidráulico.
Fuente: Elaboración propia.

Se está tomando en cuenta que dicho cilindro no solo es para levantar el brazo y la viga, también debe resistir las fuerzas aplicadas al momento de transportarse el equipo, debido a que se ejerce una palanca ocasionado por los desniveles propios de la vía.

En las tablas 13 a la tabla 15 se muestra el cálculo de las fuerzas y selección del tubo lapeado. Con ello se asegura que los materiales sean los adecuados.

Tabla 13. *Cálculo de fuerzas con 180bar de presión del cilindro hidráulico.*

Cálculo de fuerzas		
Presión de Trabajo	180	bar
Capacidad de empuje del cilindro		
Ø Vástago	40	mm
Ø Interior del Tubo	63	mm
Carrera	466	mm
Fuerza de empuje (Kgs)	9.04	tn
π	3.14	
Radio	40	cm
Presión de Trabajo	180	bar
Presión de Tracción		
Área del vástago de 30mm	12.56	cm ²
Área del Tubo de 60 mm	31.16	cm ²
Área sobrante	18.60	cm ²
Fuerza de tracción	3.35	tn
Conclusiones		

Se tiene un cilindro de 40-70/70-500 con fuerza de empuje de 9.04 toneladas y fuerza de tracción de 3.35 toneladas con una presión de empuje de 180 bar.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. *Cálculo de fuerzas con 190bar de presión del cilindro hidráulico.*

Cálculo de fuerzas		
Presión de Trabajo	190	bar
Capacidad de empuje del cilindro		
Ø Vástago	40	mm
Ø Interior del Tubo	63	mm
Carrera	466	mm
Fuerza de empuje (Kgs)	9.55	tn
π	3.14	
Radio	40	cm
Presión de Trabajo	190	bar
Presión de Tracción		
Área del vástago de 30mm	12.56	cm ²
Área del Tubo de 60 mm	31.16	cm ²
Área sobrante	18.60	cm ²
Fuerza de tracción	3.53	tn
Conclusiones		

Se tiene un cilindro de 40-70/70-500 con fuerza de empuje de 9.55 toneladas y fuerza de tracción de 3.53 toneladas con una presión de empuje de 190 bar.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. *Cálculo de fuerzas de tubo lapeado.*

Tubo lapeado (BK+H9)		
Cálculo del espesor del tubo lapeado (BK+H9)		
Diámetro interior	32	mm
Presión de trabajo	180	bar
Coefficiente de seguridad (k)	2	
Eficiencia de soldadura (ef)	0.8	
Limite elástico del acero	470	BK + s \leftrightarrow Rp 0.2 (N/mm^2)
Espesor (E)	2.0	mm
Diámetro exterior (D)	36.0	mm
<i>Cálculo de la presión de trabajo para tubos lapeados (BK+H9)</i>		
Diámetro interior	32	mm
Diámetro exterior	36	mm
Coefficiente de seguridad (k)	2	
Eficiencia de soldadura (ef)	0.8	
Limite elástico del acero	470	BK + s \leftrightarrow Rp 0.2 (N/mm^2)
Presión de trabajo (P)	191.0	bar

Fuente: Elaboración propia.

e) Características y selección de la unidad de rotación.

Para seleccionar la unidad de rotación teniendo presente la presión hidráulica de 180 bar, peso de la estructura del brazo – viga 2TN y análisis catálogos y fichas técnicas del fabricante, tal como se aprecia en la figura 28. También se debe tomar en cuenta los parámetros para la selección como son el giro es este caso se requiere de 360°, con un torque de 4,500Nm, sin apoyo (base) para que no choque con los componentes.

Información de la aplicación

Nombre de la compañía _____ Nombre del contacto Alex Fernandez
 Número de teléfono +51965089500 Dirección de correo electrónico alex.fernandez@reseter.com.pe

Información de la aplicación

- Descripción de la aplicación: ACTUADOR GIRATORIO
- Plano de disposición general que refleja la instalación de actuador(es) propuesta, como anexo:
- Diagrama de carga o geometría de carga que refleja los centros de carga (centros de gravedad) con respecto al actuador, como anexo:
- Cantidades anuales esperadas (unidades por año): Año 1 45, Año 2 80, Año 3 100
- Cantidad basada en: "Lote" limitado Cantidad anual Otro _____
- Motivo de la consulta: Proyecto en curso y con financiación Estudio de viabilidad para proyecto futuro
 Sólo a efectos informativos
- Fechas previstas en la programación del proyecto: Primer prototipo 2013 Primera producción 2014
- Par de salida necesario: 42000 in-lb con 3000 psi (4746 Nm con 207 bares)
- Par de retención necesario: 103000 in-lb (11639 Nm)
- ¿Se transmitirá par desde un solo extremo del actuador o desde ambos extremos? Un extremo Ambos extremos
- Huelgo entre dientes aceptable: 0001+ grados
- El actuador se usará para: Capacidad de par y de apoyo Sólo par
- Presiones hidráulicas: 200 Operación normal 120 Mínima 20 Máxima psi bares
- Rotación necesaria: 180° 360° Otra _____
- Cargas de apoyo máximas (momento, empuje y radial) que se aplicarán al actuador (véase la Figura 1)
 Momento: _____ in-lb Nm Empuje: 8000 lb kg Radial: 6000 lb kg
- Fluido hidráulico: Estándar, derivado del petróleo Sintético Otro (especifique cuál) RANDOL 68
- ¿Es compatible el fluido hidráulico con las juntas de nitrilo/poliuretano y los materiales de nailon reforzado por vidrio de los rodamientos?
 Sí No
- Temperaturas de operación del fluido hidráulico:
-18 Mínima 71 Máxima
 Fahrenheit Centígrados
- Temperaturas ambientales:
18 Mínima 37 Máxima
 Fahrenheit Centígrados
- Número de ciclos/año 3
Vida útil 2 años
- Información adicional :
L30-65
L30-95
L10-5.5
L30-42

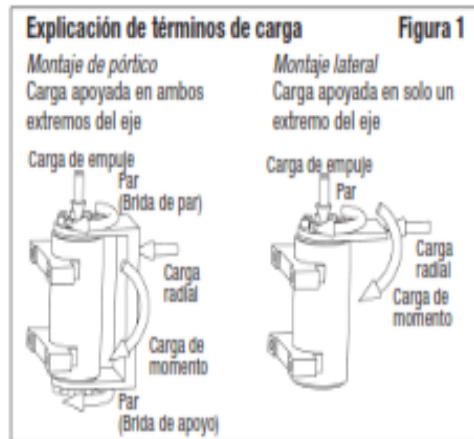


Figura 28. Ficha técnica de unidad de rotación.

Después de analizar las alternativas se tuvo como resultado la unidad de rotación L30-65 sin base la cual se muestra en la figura 32.



Figura 29. Unidad de Rotación L30-65.

f) Cálculo del Diferencial.

Uno de los repuestos críticos que soporta todo el peso del equipo de perforación para vetas angostas es el diferencial, por lo cual se tuvo en cuenta el peso del chasis de 6 TN y el peso del brazo más viga de 2 TN, además se evaluaron los catálogos de los proveedores siendo estas la configuración y transmisión mostrada en la figura 30 y 31. Ahí se muestran los parámetros requeridos.



 Dana Holding Corporation Off-Highway Products Group			
Application Data Form			
OEM Name		OEM Address	ALLE 01 NR.205 LAS VINAS PUENTE PIEC
Contact Name	ALEX FERNANDEZ A.	OEM Web Site	www.resefer.com.pe
Contact Telephone #	+51994345378	Contact Email	alex.aguero@resefer.com.pe
Vehicle Model		Annual Vehicle Build	15
Vehicle Type		Annual Vehicle Hrs.	
Vehicle Status	New Model	Expected Hrs to Rebuild	4 years
Vehicle Frame Type	Articulated	Expected SOP Date	July 2015
Units of Measure	Metric	Military or Other Specs.	no
GENERAL INFORMATION			
STANDARD ENGINE:		OPTIONAL ENGINE:	
Make & Model	DEUTZ - BFEL-914	Make & Model	
Gov. RPM	Full Load _____ No Load _____	Gov. RPM	Full Load _____ No Load _____
Gov. Gross Power	72 @ 2300 rpm	Max Gross Power	@ _____ rpm
Max Gross Torque	355 @ 1600 rpm	Max Gross Torque	@ _____ rpm
Curve Number		Curve Number	
Location _____ Fan Facing _____ Disconnect _____		Location _____ Fan Facing _____ Disconnect _____	
A clear copy of each engine curve must be attached when submitting form!			
VEHICLE SPECIFICATIONS:			
	Curb	Gross	
Front Axle (s)	7670	7,870	Wheel Base
Rear Axle (s)	5010	5,210	Drawbar Height
Total Vehicle	12680	13080	Axle Ratio
Trailer			Number of Driving Axles
Weight on Driven Axle			Frontal Area Sq.
Combined Train Wt			Center of Gravity Height
Top Speed Req'd	25 kph	25 kph	Loaded _____ Unloaded _____
% Grade Req'd			Altitude of Operation
Max Drawbar Pull			Minimum _____ Maximum _____
TIRE SPECIFICATIONS:			
Standard or Optional	Standard		
Tire Type	Single Tire		
Tire Location	All		
Tire Size	11.00 x 20		
Rim Size / Duals C-L Rims			
Static Loaded Radius			
Rolling Circumference	3500 mm		
Tire Width	280 mm		
Traction	Mining Chain		
Tire Fill Type	Air Filled		
Extra Weight per Tire			

Figura 30. Datos de Aplicación.

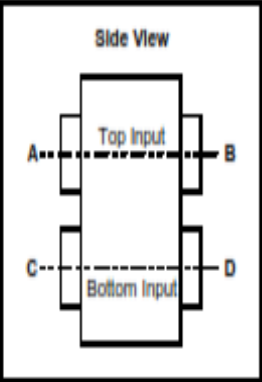
HYDROSTATIC TRANSMISSION				
PUMP:	Make & Model	BOSH REXROTH	Pump Drive Ratio	1:01
	Displacement Max	50CM3	Max Pressure	450 BAR @ 3000 rpm
MOTOR 1:	Make & Model	REXROTH A6VM80	Pad & Spline	
	Displacement Max	80 CM3	Max Speed	5000 rpm
MOTOR 2:	Make & Model		Pad & Spline	
	Displacement Max		Max Motor Speed	rpm
GENERAL HYDROSTATIC TRANSMISSION COMMENTS OR ADDITIONAL INFORMATION:				
There is other pump - gear pump, used for parking brake, service brake and steering.				
TRANSFER CASE				
Current Make & Ratios	DANA SPICER			
Requested Make & Ratios	Used in the axle 311/112/166			
Drop Distance	172 mm			
Input	A			
Rotation				
Shift	24V Electric			
C - Output & Disconnect				
D - Output & Disconnect				
Park Brake	Hydraulic			
Flange Type & Location (identify size)				
A	4 hole - DIN 5480	B		
C	DIN 120 8F diam. 10 mm	D		
				
GENERAL TRANSFER COMMENTS OR ADDITIONAL INFORMATION:				
DRIVESHAFT				
SPECIFICATIONS:	INSTALLATION DIMENSIONS:			
Prototype Request Date		Pinion Tip Angle (degree)		
Required B ₁₀ life(Duty Cycle Required)		Drive Shaft Angle (degree)	6.61 5.72	
Paint Specification		Drive Shaft Collapsed Length	481.00 1154.00	
Required Residual Unbalancing		Length of Slip Required		
Requested Driveshaft Size		U-joint Kit		

Figura 31. Transmisión Hidrostática.

Dicho diferencial da la estabilidad y el torque requerido como se muestra en la figura 32, que debe tener el equipo para no sufrir volcadura y subir – bajar las pendientes sin problema. En la figura 34 se aprecia el diferencial requerido para el equipo.



Dana Holding Corporation

Off-Highway Products Group



LOAD DISTRIBUTION, DUTY CYCLE

Operating Condition	Grade % or Drawbar Pull	% Time	Vehicle Speed	Gear Range	Direction
Delantero	18%		12		
Posterior	21%		19		

	1	2	3	4	5
Front End Loader					
Backhoe Loader					For the other conditions see item 2 - 5 Excavator
Lift Truck & Boomlift					
Excavator					Diagonal Excavator Arm
Roller					

Dumper					
Forestry Vehicle					
Other					
Front Right Wheel	1				
Front Left Wheel	1				
Rear Right Wheel	1				
Rear Left Wheel	1				
Max Speed	21				
% Usage	80%				
% Braking Frequency	50%				
Tractive Effort	4 Rueda				
% Grade (+/-)	21%				
Gear Range					

Figura 32. Distribución de Carga.



Figura 33. Diferencial seleccionado.

g) Especificaciones técnicas del equipo de perforación electrohidráulico mediano.

Se determina las especificaciones técnicas más adecuadas para el cliente, las cuales nos ayudaran a la elaboración de los planos. En la figura 34, se muestran las especificaciones técnicas del equipo de perforación electro hidráulica mediana.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPOS DE PERFORACIÓN		CÓDIGO	PRO-P01.F04
		VERSIÓN:	00
		FECHA:	23/02/2019
CLIENTE:			
EQUIPO:	EQUIPO DE PERFORACION MEDIANA		
DESTINO:	Uchucchacua	N° SERIE:	
N° COTIZACIÓN:		ORDEN DE COMPRA:	
OP / OS:		FECHA DE CIERRE:	sábado, 18 de Julio de 2020
<u>DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:</u>			
Tipo:		LONG HOLE	
Modelo:		EQUIPO DE PERFORACIÓN MEDIANA	
<u>PERFORADORA HID. DE PERFORACION 1:</u>			
Modelo / Marca:		COP 1838	
Serie:			
Potencia y Presión De Trabajo :		18 KW / 180BAR	
Tipo de Shank:		MACHO T 38	
Opcional :			
<u>TIPO DE VIGA</u>			
Modelo:		TALADROS LARGOS 4 PIES	
Tipo de Viga:		2000	
Aplicación:		CADENA	
Actuador de Avance:		NO	
<u>BRAZO HIDRAULICO</u>			
Actuador Rotativo:		HELAC L30-65-S-RF-360-L1-CH	
<u>SISTEMA POWER PACK</u>			
Motor Electrico:		100 HP / 75 KW ABB	
Bomba Hid. Principal:		A10VO-100CC REXROTH	
<u>CABINA</u>			
Cabina de Operador:		CABINA ABIERTA	
<u>SISTEMA DE TRANSMISIÓN :</u>			
Tipo de Transmisión:		HIDROSTATICO	
Motor Diesel:		DEUTZ BF4L914 (POT 75KW)	
Tipo de Neumaticos:		8.50 - R15	
Tipo de Aro:		ARO 15	
<u>SISTEMA ELECTRICO</u>			
Tensión / Frecuencia:		440V AC / 60HZ	
Cable de Potencia:		GGC 3X1/0AWG+2X8AWG+1X10AWG	
<u>SISTEMA DE ENFRIAMIENTO Y BARRIDO (AIRE / AGUA)</u>			
Compresor:		L7-10 8.3 CFM - 79.8 CFM (60Hz)	
Bomba Centrifuga:		GRUNDFOSS TIPO CR5-9	
Enfriador de Aceite:		TTP - EKM-1018-T	
<u>ADICIONALES</u>			
Sist. De Seguridad:		SI	
Pernos Helicoidales:		NO	
Pernos de Split Set:		NO	
Pernos Hydrabolt:		NO	
Sist. De Alimentación:		NO	
Sist. De Inyección:		NO	
Sist. De Engrase (AutoLube):		SI	
Sist. De Lubricación y Lavado:		SI	

Figura 34. Especificaciones Técnicas.

Los componentes restantes que complementan el equipo de perforación mediano se seleccionaron de la misma manera que los anteriores los mismos que se encuentran contenidos en el manual de operación y mantenimiento.

h) Configuración geométrica:

En el plano elaborado se identifican las medidas principales del equipo, para determinar los tamaños de los componentes y distribución de los repuestos hidráulicos y eléctricos. Se muestran en la figura 35 y 36.

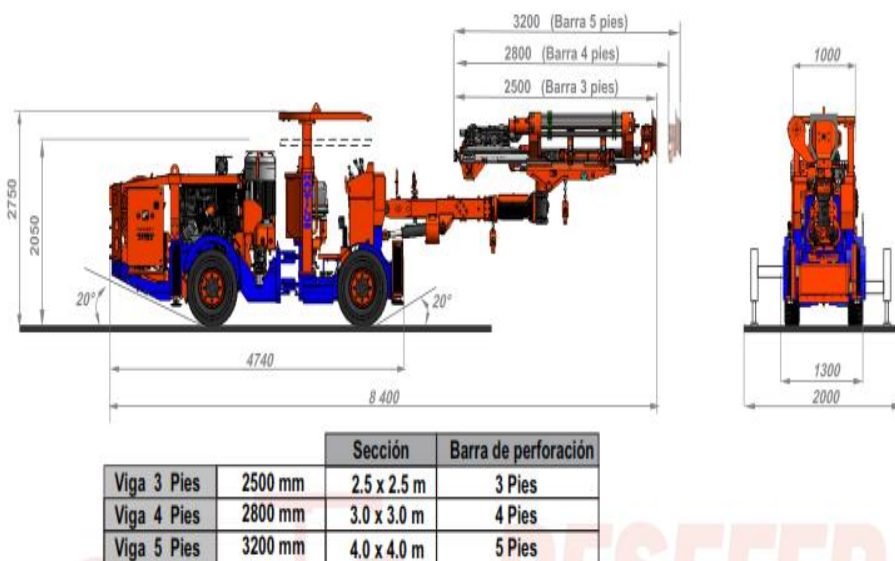


Figura 35. Planos de medidas externas del equipo de perforación.

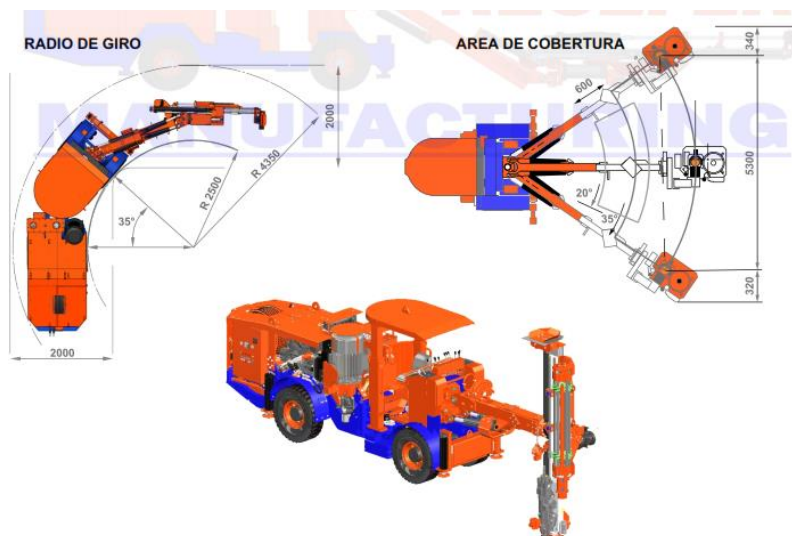


Figura 36. Plano de radios de giro del equipo.

i) Fase de desarrollo y simulación:

Los planos son realizados en el software SolidWorks, el cual es una herramienta que permite conocer las características del material, criterios de fallo, simulación donde nos determina el coeficiente de seguridad y el costo de los componentes usados.

El diseño y el cálculo de componentes se realizan teniendo en cuenta las normas ISO 12100, IRAM 4501, ASTM, ASME Y14.5 y AWS D1.1, muy útiles para la toma de decisiones para la resistencia de materiales además de darnos seguridad en nuestros componentes y al personal que operara el equipo. Además, se tiene como apoyo la norma ISO 9001.

4.3.2.2. Etapa de simulación:

Se presenta las simulaciones del chasis mediante el análisis de prueba estática y de fatiga. Lo primero consiste en establecer modelos adecuados del dibujo (plano de chasis), después se obtendrá el comportamiento del diseño expuesto a esfuerzos y sujeciones en la parte CAE del software, teniendo presente las simulaciones tienen que ser esfuerzos más críticos en el equipo, por lo cual se debe tener especial cuidado.

Se realizó la simulación con los siguientes parámetros: El mallado sólido y estándar, teniendo 4 puntos jacobianos, una tensión máxima de 84665792 N/m², obteniendo resultados esperados con el análisis estático con factor de seguridad (figuras 37 y 40), análisis estático nodal (figuras 38 y 41) y el desplazamiento estático (figuras 39 y 42). Además, se muestra la ubicación de las fuerzas aplicadas en la estructura.

Nombre del modelo: CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION
 Nombre de estudio: Analisis estatico 21 (Default)
 Tipo de resultado: Analisis estatico: tension nodal: Tensiones1
 Volumen (Elemento/Geometrico) = 100.00 % / 100.00 %

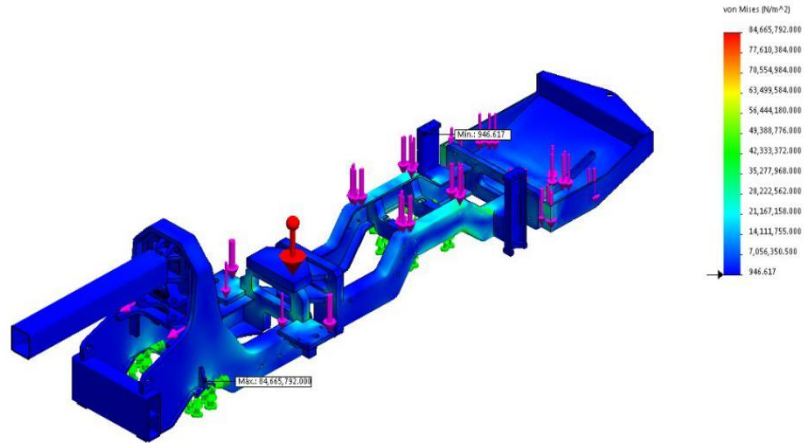


Figura 37. Factor de Seguridad 2.95.

Nombre del modelo: CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION
 Nombre de estudio: Analisis estatico 12 (Default)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad: Factor de seguridad1
 Contenido: Avanzado
 Distribucion de factor de seguridad: FDS: min = 3

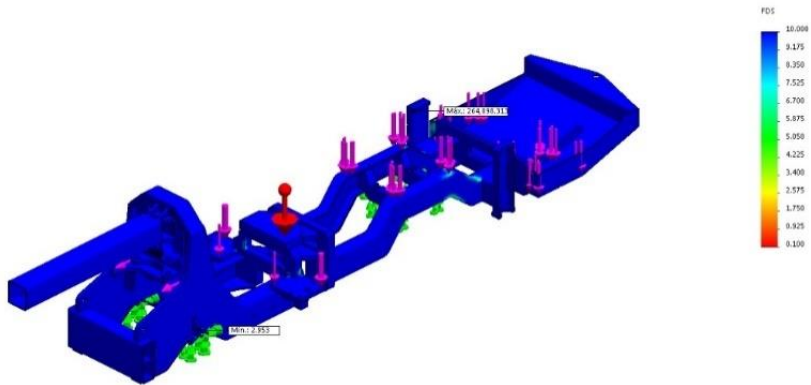


Figura 38. Analisis Estatico Tension Nodal.

Nombre del modelo: CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION
 Nombre de estudio: Analisis estatico 12 (Default)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estatico: Desplazamiento1

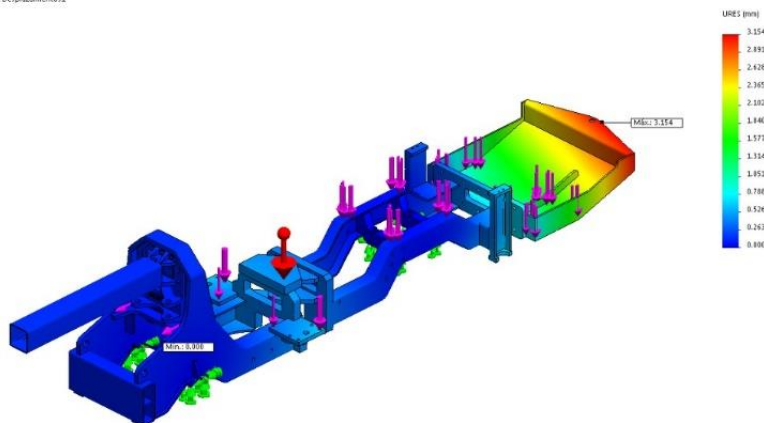


Figura 39. . Desplazamiento Estatico 3.154 mm.

Nombre del modelo: CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION
 Nombre de estudio/Análisis: estático 1 (Default)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 3

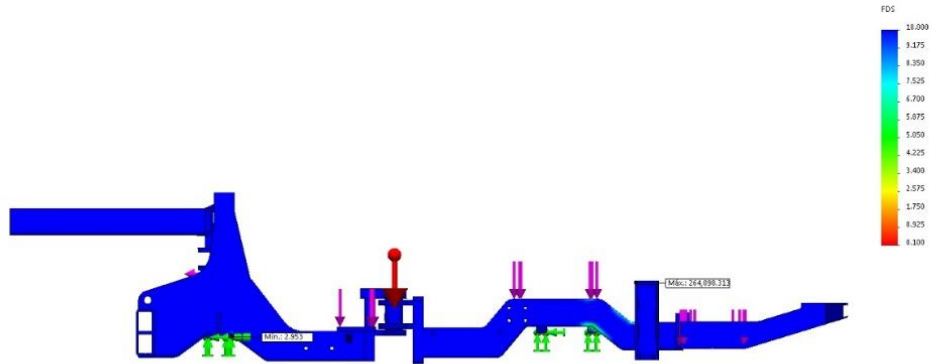


Figura 40. Factor de seguridad 2.95.

Nombre del modelo: CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION
 Nombre de estudio/Análisis: estático 1 (Default)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 3

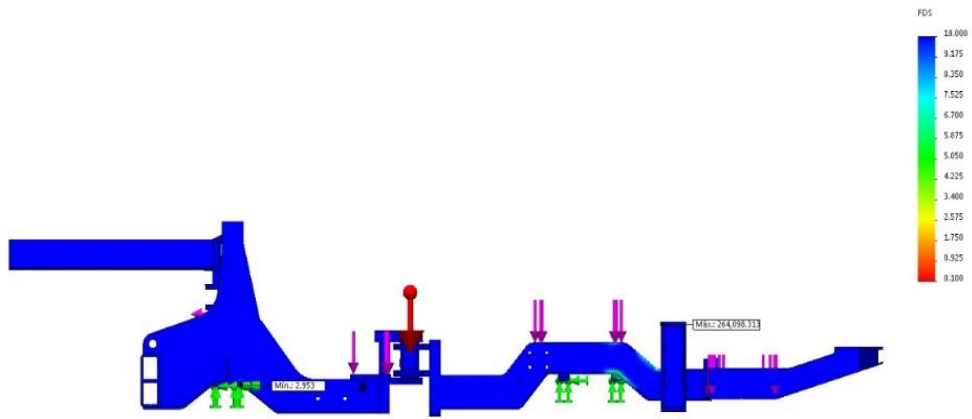


Figura 41. Análisis Estático Tensión Nodal.

Nombre del modelo: CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION
 Nombre de estudio/Análisis: estático 1 (Default)
 Tipo de resultado: Espesamiento estático Desplazamiento1

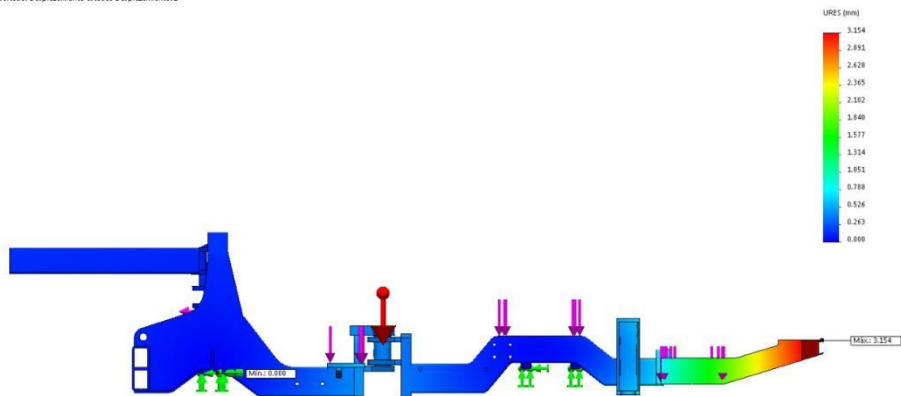


Figura 42. Desplazamiento Estático 3.154 mm.

A continuación, se reporta el criterio de parte del autor concluyendo el informe emitido por el software SolidWorks en el cual se detalla paso a paso la simulación (Anexo N° 02), cabe resaltar que se basa en los parámetros mencionados líneas arriba.

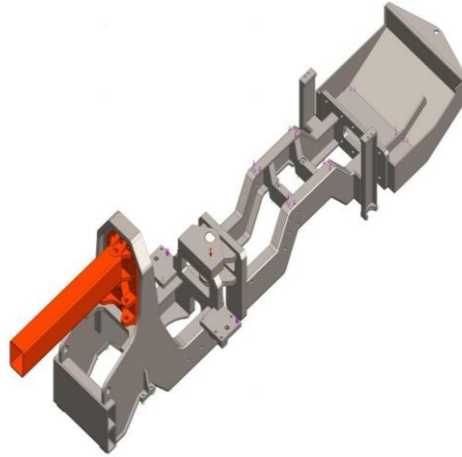


Figura 43. Chasis de equipo de perforación

4.3.2.2.1. Análisis estático: El informe se encuentra en el anexo 2.2, y arroja los siguientes datos.

- Tensión de VON MISES: El diseño del chasis expuesto a esfuerzo emite una tensión mínima de 946.62 N/m^2 en el punto nodal 57,251; ubicada en la parte del motor y una tensión máxima de $84,665,792 \text{ N/m}^2$ en el punto nodal 16,146; ubicada en el brazo hidráulico.
- Desplazamientos: Se tiene un desplazamiento máximo de 3.15mm en el diseño indicando que este punto es donde ocurrida una flexión a causa de los componentes que está en esa parte, teniendo en cuenta la distribución de estos.
- Factor de seguridad: Se tiene un factor de seguridad mínimo de 2.95, el cual nos indica que el diseño se encuentra en el margen de un buen diseño sin ser sobredimensionado ni subdimensionado.

4.3.2.2. Análisis de fatiga: El informe se encuentra en el anexo 2.1, emitiendo los siguientes resultados.

- Un daño mínimo acumula de 0.010 y daño máximo acumulado de 0.052.
- Una vida útil mínima de 192,324.75 de ciclos y una vida útil máxima de 1,000,000.00 de ciclos.

4.3.2.3. Etapa de construcción del equipo:

✓ Planos del equipo.

Después de realizar la simulación rigurosa de las estructuras se procede a elaborar los planos con las simbologías estándares, para comprender y fabricar el componente, con la calidad requerida. Se muestra en las figuras 44, 45 y 46, algunos planos estando el resto de planos en el anexo N°03.

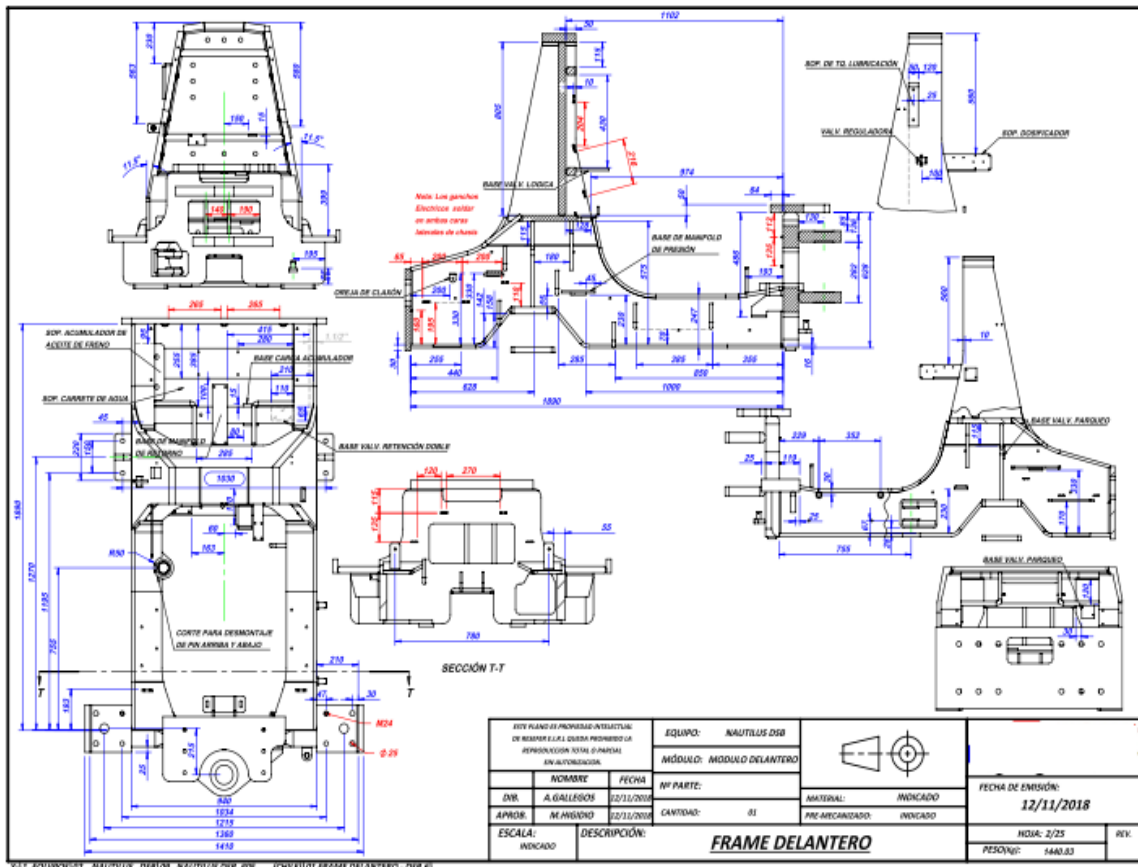


Figura 44. Frame delantero.

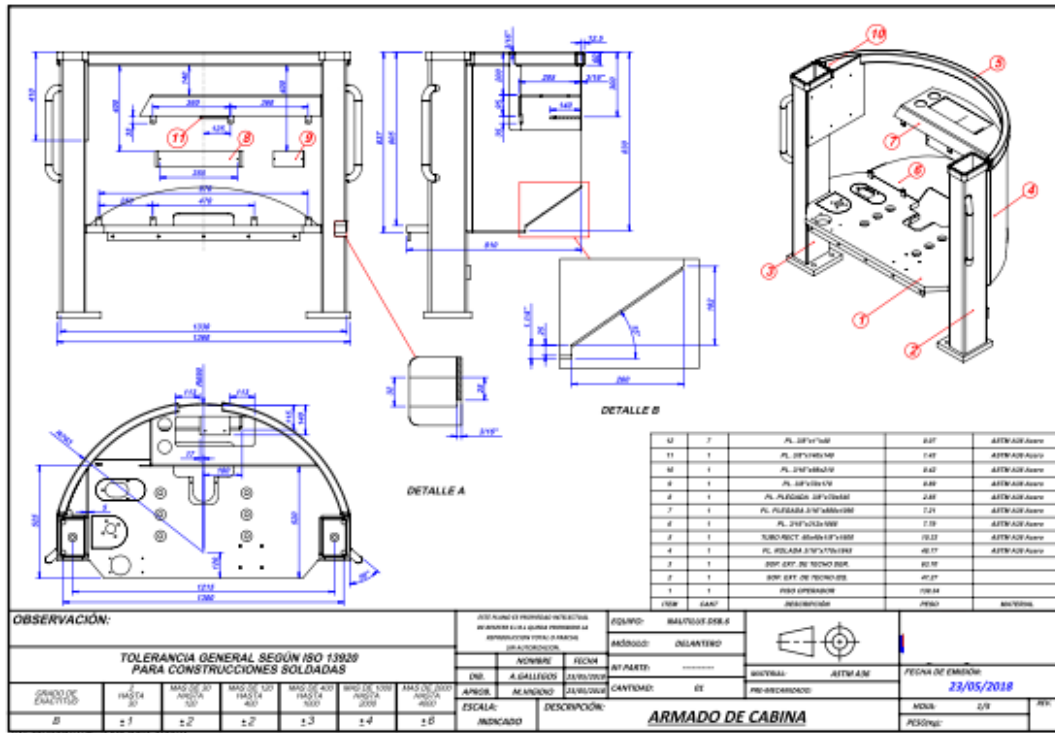


Figura 45. Cabina Operador.

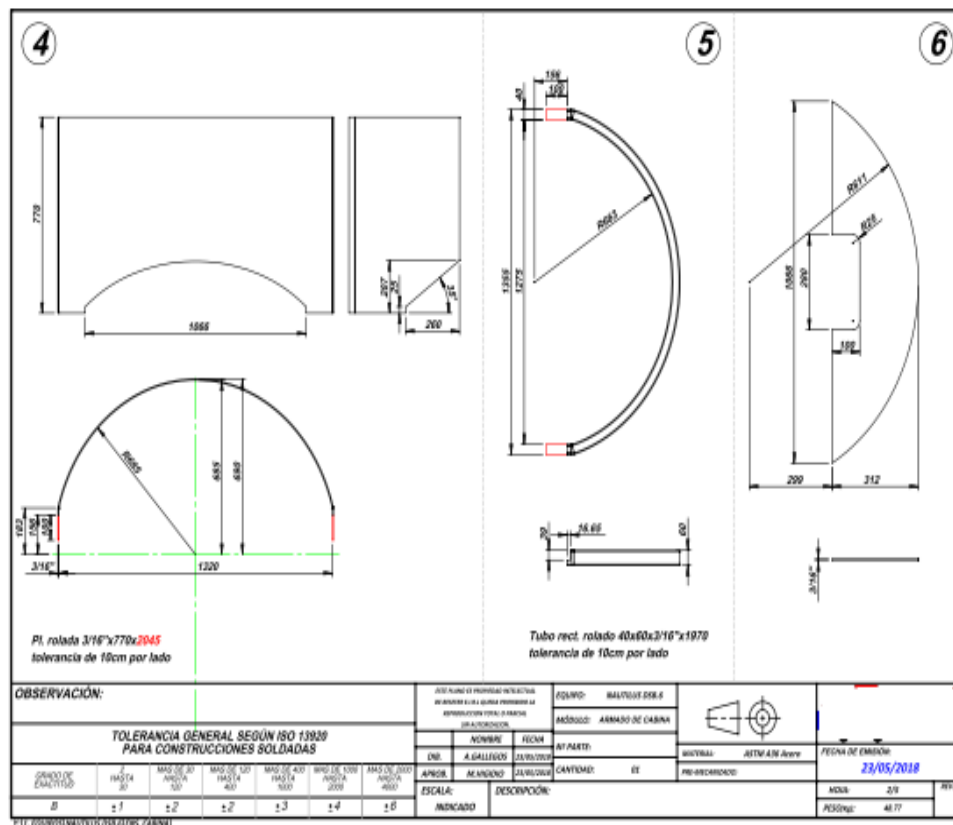


Figura 46. Plegado de Cabina de Operador.

Se cuenta con los siguientes procesos, de acuerdo la figura 47.

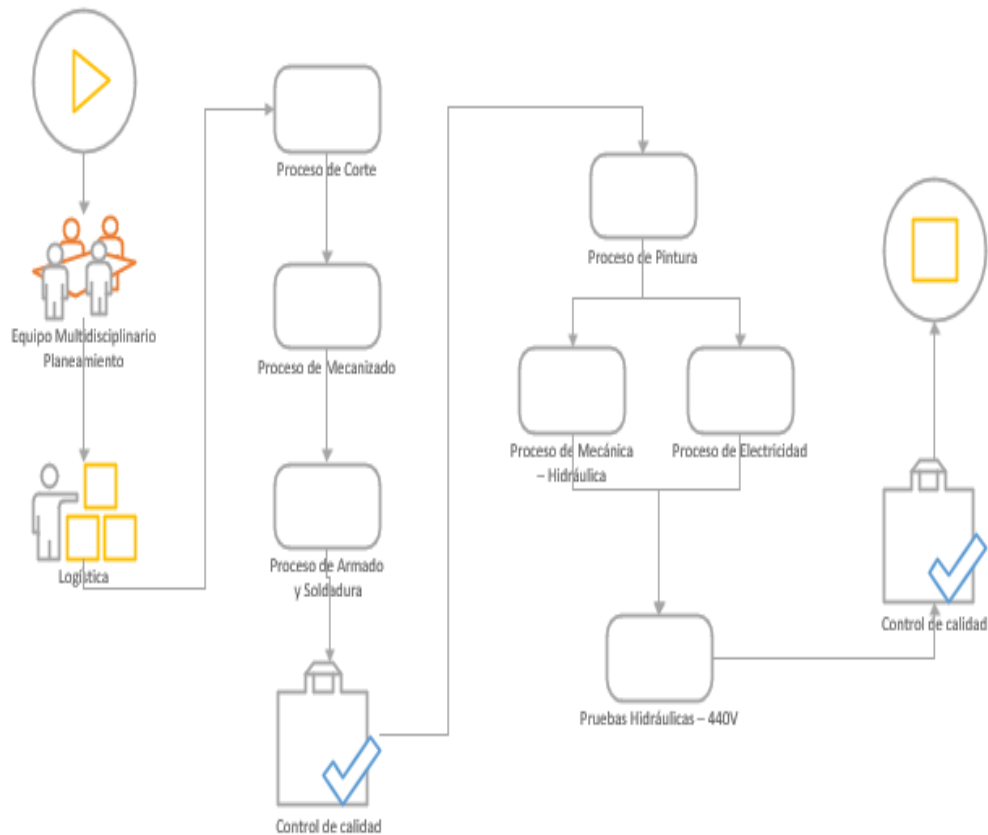


Figura 47. Proceso de Fabricación y Montaje Equipo de Perforación para vetas angostas.

✓ **Componentes principales del equipo diseñado:**

Perforadora de 18Kw modelo Cop1838HD.

Viga de perforación modelo LH-2000-04-C, transmisión por cadena.

Sistema de brazo modelo BTS-1950-NDSB.

Tanque de aceite hidráulico 180L/47.5 gal.

Bomba hidráulica A10V0100.

Motor diésel DEUTZ BF4L 914, potencia de 72.4Kw/2300RPM.

Tanque de combustible 70l/20 gal.

Motor eléctrico de 75Kw (100HP), de 380-440 voltios, frecuencias de 50-60hz.

Diferenciales y caja reductora DANA.

Compresor tipo tornillo de 160CFM, con presión de trabajo de 9.1 bar, bomba de agua Grundfoss Cr5-9.

✓ **Proceso de Corte.**

En este proceso se procede a juntar todas las formas con un determinado espesor y de acuerdo a los planos, a esto se le llama nido. Con los nidos se seleccionan las planchas y se procede a cortar mediante el corte por plasma (para espesores hasta ½") y oxicorte (espesores entre ½" y 5").

✓ **Proceso de Mecanizado.**

Este proceso se refiere a un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material por arranque de viruta, para este proceso se tiene las maquinas como torno convencional, fresa convencional y fresa CNC.

✓ **Proceso de Armado.**

En esta actividad se hace entrega de todos los materiales detallados en el plano y la orden de producción.

Se refiere a unir con soldadura (puntos) las piezas cortadas y las piezas mecanizadas, para formar un componente especificado en el plano.

✓ **Proceso de Soldadura.**

En este proceso los componentes provenientes de armado son preparados para soldar mediante arriostres los cuales aseguran que el componente no se mueva.

La soldadura es la fijación que se realiza mediante la unión de las piezas por fusión.

En este caso se utilizará soldadura gmaw y mig mag.

✓ **Proceso de Pintura.**

Antes de iniciar este proceso se debe tener encuenta que partes no van hacer pintadas por ser partes mecanizadas o por encajar dentro de otro componente, para ello se coloca cinta o grasa. Luego se procede a quitar la escama de laminado mediante desbaste por amoladora o granallado.

Proceso de pintura se procedió a recubrir el componente con una pintura base y luego con una pintura acabado. Para la pintura base se tiene que obtener un espesor de 3 mils y para el acabado 2 mils, con ello se asegura que el componente tenga las capas requeridas para resistir caída de rocas, aguas acidas, entre otras condiciones a la que se encontrara expuesto en campo.

✓ **Proceso de Mecánica – Hidráulica.**

El personal comienza a armar las válvulas y repuestos a utilizar para el equipo, luego se distribuye las válvulas, electroválvulas, motores, bombas, tanques conectarlas con las mangueras y sus respectivos conectores.

Los planos eléctricos e hidráulicos se encuentran detallados en el manual de operación y mantenimiento, donde se describe a detalle el funcionamiento de los diferentes sistemas, sus componentes y su mantenimiento.

A continuación, en figura 48, se muestra todo el proceso relacionado con la fabricación del chasis del equipo. Es el paso a paso de según los procedimientos establecidos.

Proceso Fabricación de Chasis.

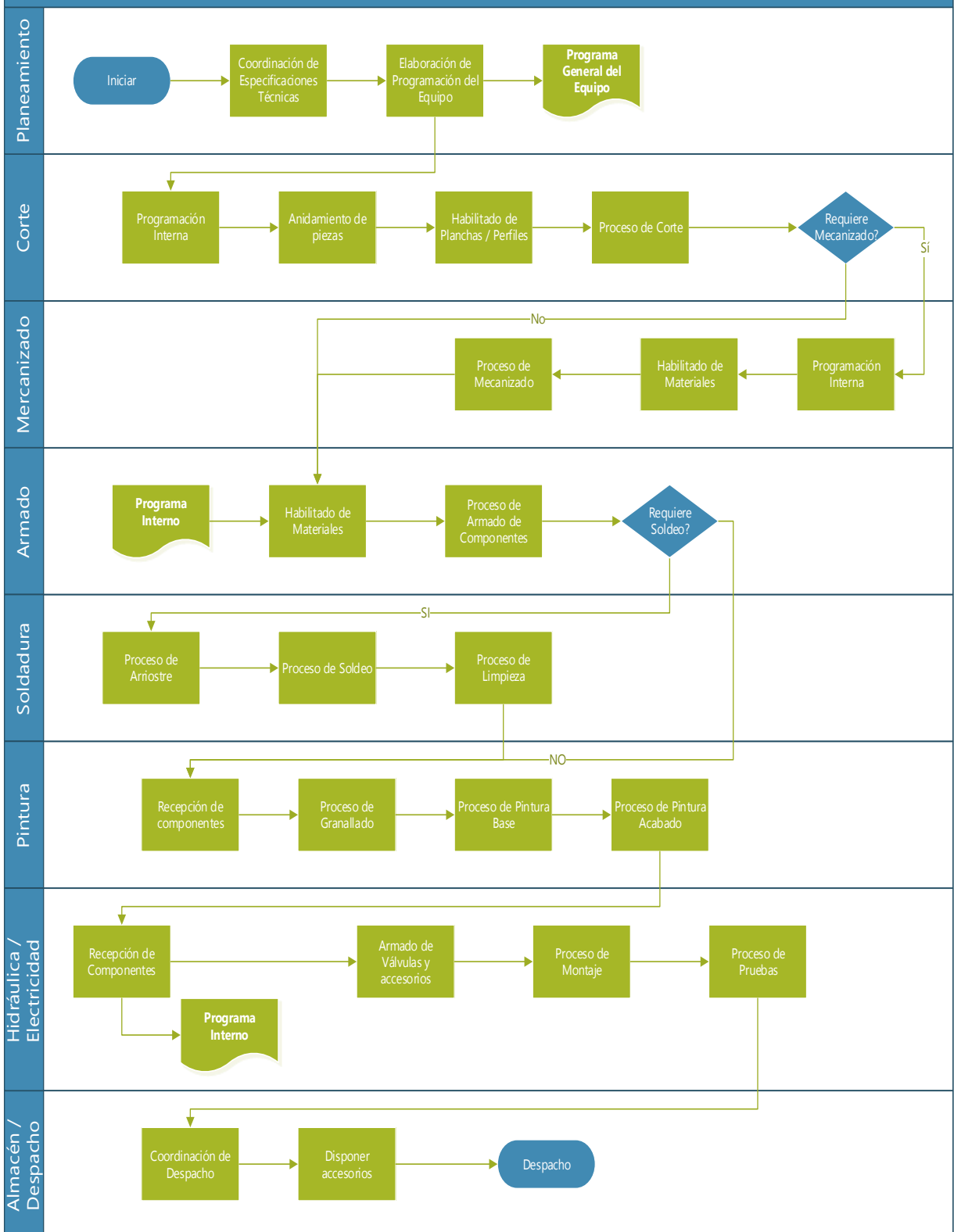


Figura 48. Flujograma de fabricación del chasis.

4.4. Evaluación de la inversión para la implementación del diseño.

4.4.1. Cálculo de costo de inversión:

Se detallan los costos de cada sistema que cuenta el equipo de perforación para proceder a cuantificar el monto total del diseño, el cual se disgrega en las siguientes premisas:

- Costo de estructura (chasis, brazo y viga), esta parte vendrán en placas grandes y el personal procederá a cortar y ensamblar cada estructura y obtener la carcasa del diseño.
- Costo del sistema del motor diésel (motor diésel, tanque de combustible, sistema de inyección y accesorios).
- Costo del sistema eléctrico (Matriz de cables, sistema de potencia, cables estándares y accesorios).
- Costos del sistema hidráulico (Bombas hidráulica, tanque de generación de potencia, actuadores – válvulas, mangueras y accesorios).
- Costo de pintado del equipo (pintura base, pintura negra, pintura de acabado y accesorios), con una particularidad donde será necesario poder una capa de pintura de 5 mils como mínimo, para que así soporte las condiciones atmosféricas en que estará trabajando.
- Costo de mano de obra calificada, se necesitarán personal técnico calificado en las diferentes ramas que necesito el equipo electrohidráulico; para la estructura se necesita personal técnico soldador con experiencia en estructura y homologado, para el sistema hidráulico se necesitó un personal técnico en hidráulica siendo el encargado de todo el sistema hidráulico del sistema, personal técnico en sistema eléctrico de maquinaria pesada, personal técnico en sistema de combustión y motores, pintores calificados y finalmente un supervisor de montaje, armado y acabados.

Los costos mencionados anteriormente se cotizaron y se visualizan en la tabla N°16 y los costos más detallado se muestran en el anexo N°05.

Tabla 16. Costo del Equipo – Inversión Inicial.

Ítem	Descripción	Costo
1	Costo de estructura	\$80 000,00
1,1	Costo chasis	\$32 000,00
1,2	Costo brazo	\$28 000,00
1,3	Costo viga	\$20 000,00
2	Costo del sistema diésel	\$65 000,00
2,1	Costo motor diésel	\$55 250,00
2,2	Costo accesorios	\$9 750,00
3	Costo del sistema eléctrico	\$45 000,00
3,1	Cable de potencia	\$24 750,00
3,2	Cables estándares	\$15 750,00
3,3	Accesorios	\$4 500,00
4	Costo del Sistema Hidráulico	\$55 000,00
4,1	Costo bombas	\$24 750,00
4,2	Costo válvulas	\$13 750,00
4,3	Costo mangueras	\$8 250,00
4,4	Accesorios	\$8 250,00
5	Pintura	\$10 000,00
5,1	Pintura base	\$5 000,00
5,2	Pintura acabado	\$4 500,00
5,3	Pintura negra	\$500,00
6	Mano de obra	\$30 000,00
6,1	MO Fabricación	\$13 500,00
6,2	MO Hidráulica	\$7 500,00
6,3	MO Electricidad	\$9 000,00
7	Seguro del equipo	\$15 000,00
TOTAL		\$300 000,00

Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene que la inversión inicial para el fabricar el equipo de perforación electrohidráulica mediano suma un monto de \$300,000.00 dólares americanos el cual para efecto de cálculo se utilizara la misma denominación de moneda para el resto de costo y flujos de caja.

4.4.2. Cálculo de costo de mantenimiento anual:

Se realizarán mantenimiento anualmente, se usarán lubricantes para los diferentes sistemas del equipo y cambio de componentes por desgaste, siendo así se detallan en la tabla N°17.

Tabla 17. *Costo de Reparación Anual.*

Año	Descripción	Sub Total	Total
1	Aceite motor	\$36 000,00	\$120 000,00
	Aceite hidráulico	\$24 000,00	
	Grasas	\$12 000,00	
	Componentes	\$48 000,00	
2	Aceite motor	\$36 000,00	\$222 000,00
	Aceite hidráulico	\$24 000,00	
	Grasas	\$12 000,00	
	1er reparación	\$150 000,00	
3	Aceite motor	\$48 000,00	\$153 000,00
	Aceite hidráulico	\$30 000,00	
	Grasas.	\$15 000,00	
	Componentes	\$60 000,00	
4	Aceite motor	\$48 000,00	\$273 000,00
	Aceite hidráulico	\$30 000,00	
	Grasas	\$15 000,00	
	2do reparación	\$180 000,00	
TOTAL		\$768 000,00	

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene que los costos por reparaciones anual oscilan, pero en un periodo de cuatro años el monto total de este gasto es de #768,000.00

4.4.3. Cálculo de valoración anual:

Se realiza la valoración de acuerdo al avance en metros perforados dando un valor monetario y obteniendo la tabla N°18.

Tabla 18. *Valorización Anual.*

Ítem	Metros perf./Mes	P.U.	Meses al año	Monto valorizado
1	4500	\$10,00	12	\$540 000,00
2	5200	\$10,00	11	\$572 000,00
3	5000	\$10,00	12	\$600 000,00
4	4200	\$10,00	11	\$462 000,00
TOTAL			\$2 174 000,00	

Fuente: Elaboración propia.

La valoración anual durante los cuatro años de estudio se describe en la tabla anterior en la cual oscilan los ingresos, los cuales suman un monto total de \$2,174,000.00.

4.4.4. Cálculo de flujo de caja:

Ya con los antes anteriormente determinados se procede a realizar el flujo de caja durante cuatro años y que se muestra en la tabla N°19.

Tabla 19. *Tabla de Flujos.*

Año	Flujo benéfico (+) (\$)	Flujo costos (-) (\$)	Flujo beneficio Neto (\$)	Valor presente neto (\$)
0	0	\$300 000,00	-\$300 000,00	
1	\$540 000,00	\$120 000,00	\$420 000,00	\$375 000,00
2	\$572 000,00	\$222 000,00	\$350 000,00	\$279 017,86
3	\$600 000,00	\$153 000,00	\$447 000,00	\$318 165,77
4	\$462 000,00	\$273 000,00	\$189 000,00	\$120 112,92

Fuente: Elaboración propia.

4.4.5. Cálculo de VAN, TIR y ROI.

Para calcular el VAN, TIR y ROI se preceden a aplicar las fórmulas que se muestran a continuación.

$$\text{Formula VAN: } VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

$$\text{Formula TIR: } 0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

$$\text{Fórmula ROI: } ROI = \frac{(GANACIA - INVERSIÓN)}{INVERSIÓN}$$

Tabla 20. *Cuadro de cálculo de VAN/TIR.*

CUADRO DE CALCULO VAN	
Inversión	-\$300 000,00
1° Flujo Neto	\$420 000,00
2° Flujo Neto	\$350 000,00
3° Flujo Neto	\$447 000,00
4° Flujo Neto	\$189 000,00
VAN	\$792 296,54
TIR	126,16%
ROI	264.10%

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene todos los indicadores positivos, se puede determinar que es un proyecto rentable y atractivo para los inversionistas de maquinaria pesada.

4.4.6. Productividad de nuevo equipo de perforación.

- Comparación de los equipos perforadores en la tabla N°21.

Tabla 21. Comparación de parámetros entre equipos.

Parámetros	Promedio equipo mediano	Promedio equipo grande	Diferencia
Velocidad de penetración (barra 1.22) (m/seg)	40,88	40,15	0,73
Presión de rotación (bar)	35,05	35,05	0,00
Presión de avance (bar)	69,95	69,95	0,00
Presión de percusión (bar)	180,00	180,00	0,00
Temperatura de agua ingreso (°C)	12,05	12,05	0,00
Temperatura de agua salida (°C)	18,85	18,87	-0,02
Temperatura de tanque hidráulico (°C)	35,66	35,64	0,02
RPM	177,00	177,00	0,00
Amperaje (A)	85,08	85,08	0,00
Voltaje (V)	450,60	450,60	0,00
Frecuencia (Hz)	59,94	59,94	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Podemos apreciar que el equipo mediano de perforación tiene las mismas características técnicas que los equipos grandes e incluso tiene una mejor velocidad de penetración lo cual beneficiara en mejorar los tiempos de trabajos y de la disponibilidad del equipo y así aumentar sus horas programadas.

- Se realiza la comparación a su producción de extracción del mineral, así como lo muestra la tabla N°22.

Tabla 22. Comparación de parámetros de trabajo de ambos equipos.

Descripción	Equipo grande	% E.G	Equipo mediano	% E.M	Diferencia
Cantidad de barras real	166	92.2%	201	111.7%	34.57
Programado cantidad de barras.	180		180		
Productividad real (mts)	202.07	91.9%	243.29	110.5%	41.22
Programado (mts)	220		220		
Toneladas producidas día	606.2		729.9		123.65
Toneladas producidas mes	16,973.88		20,435.98		3462.10

Fuente: Elaboración propia.

En la anterior tabla se tiene el resumen de los parámetros medidos y comparados de ambos equipos los cuales se encuentran en el anexo N°08

más detallados, en este cuadro resumen se puede detallar que el equipo mediano tiene un 34.57% de cantidad de barras reales las cuales superan a las barras programadas incrementando la disponibilidad del equipo, también tiene que su producción de avance por metros perforados es un 20.39% más que la del equipo grande y al igual sobre pasa en 23.29 metros de avance programados, siguiendo con los detalles se tiene que su producción diaria y mensual del equipo mediano se incrementa en un 13.16% en relación al del equipo grande.

En la siguiente figura tendremos un gráfico comprando los rendimientos de ambos equipos.

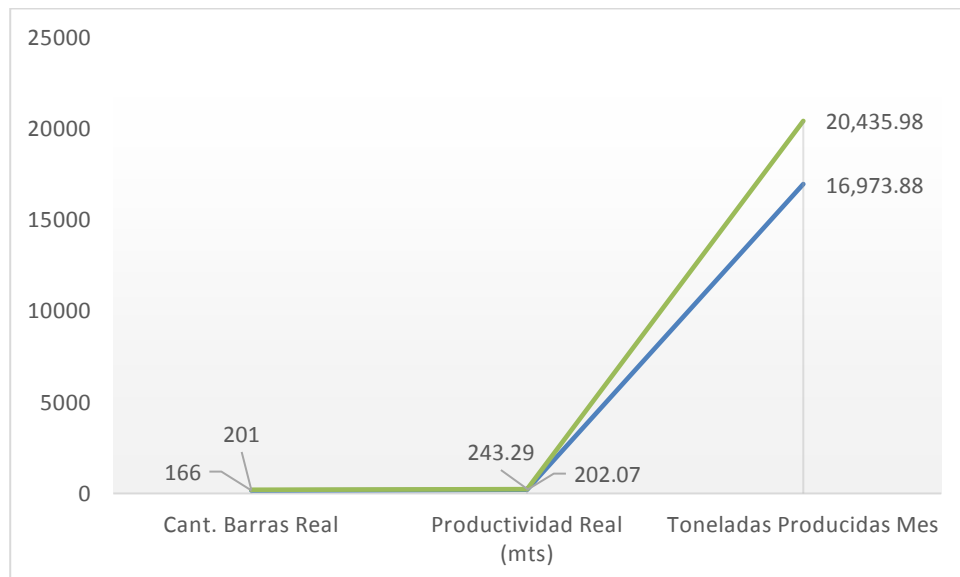


Figura 49. Comparación de trabajo de los equipos perforadores.
Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

5.1. Con desarrollo de este estudio se pretende lograr mejorar la productividad de perforación de la mina acelerando la producción y reduciendo sobre costo en maquinaria perforadora hidráulica e ingresando a nuevas vetas de menor tamaño. Siendo así se realizó la evaluación de las condiciones actuales de la actividad de perforación en vetas angostas con equipos de perforación de dimensiones de $4\text{ mts} \times 4\text{ mts}$, encontrando que por cada metro de avance se extrae 16 m^2 de desmonte, en donde se encuentran siete equipos RESEFER JH operando, los cuales producen 118,818 toneladas de mineral mensual en los cuales se invierten un monto de \$1,840.81 para cada metro de avance en laboreo minero.

Los resultados obtenidos tienen relación con los del autor (Altamirano, 2017) en donde su análisis en la mina Las Cenizas indica que la flota de equipos de perforación con el que cuenta generan un sobre costo para su operación, ocasionando una menor utilidad para los altos mandos de la unidad minera.

5.2. Siguiendo con el desarrollo de la tesis se realizó una matriz de ponderado para la selección de los componentes y del tipo de perforadora a utilizar logrando obtener que un equipo electrohidráulico con motor diésel es el adecuado para estos trabajos, por su eficiente desempeño en trabajos en condiciones de trabajo extremos y a su vez que la mejor dimensión del equipo de perforación es para secciones de $2.5\text{ mts} \times 2.5\text{ mts}$, en la cual se obtiene que por cada metro de avance se extrae 6.25 m^2 de desmonte y un monto de inversión de \$1,045.58 por cada metro de avance en laboreo minero.

Los resultados tienen semejanza con los obtenidos por el autor (Maccha, 2018) en su criterización para la selección de los equipos, en la cual se debe considerar sus características técnicas, su performance (producción, costo hora, eficiencia), logrando así poder obtener un rendimiento óptimo en el ciclo de minado.

5.3. A su vez se desarrolló el diseño, en el cual se comenzó con una rigurosa selección de los principales componentes del equipo los cuales son el cilindro hidráulico 40-70/70-500, el tubo lapeado (BK +H9) para los cilindros hidráulicos, la unidad de rotación L30-65, los diferenciales Dana-Spicer las bombas REXROTH, el martillo hidráulico COP 1838, el chasis dibujado y simulado en el software SolidWorks y la posterior construir del equipo indicando que la rigurosa selección de componentes dio resultados para un equipo con gran performance y especificaciones técnicas requeridas para los laboreos mineros.

Con lo obtenido tiene semejanza con lo que comenta en sus resultados el autor (Maccha, 2018) quien indica que para poder obtener los componentes se debe realizar cálculos y una rigurosa selección, y que la metodología que utilizo es aplicable para cualquier equipo minero en la que indica que el diseño y la geometría prima en el equipo; y que a mayor inversión corresponde un menor costo de operación.

5.4. Por último, se realizó la evaluación económica del proyecto, en el cual, el diseño propuesto y construido tiene una recuperación del capital invertido en el segundo año, con una inversión inicial de \$ 300,000 y obtenidos un VAN de \$ 792,296.54, un TIR de 126.16%, siendo todo esto un indicador atractivo para los altos mandos de la unidad minera

El resultado obtenido en la investigación tiene semejanza con los obtenidos con el autor (Altamirano, 2017) quien indica que su inversión se recupera en el mismo tiempo (dos años) y que el estudio entrega una factibilidad para mantener las operaciones en la minera Las Cenizas.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1.** Evaluando las condiciones actuales y tradicionales en la que opera la unidad minera esta utiliza equipos de perforación largos acoplados para vetas angostas que tienen medidas de $4\text{ mts} \times 4\text{ mts}$ lo cual acarrea un total de 118,818 toneladas métricas de mineral, pero con una calidad de 50% y alto potencial de riesgos de agentes contaminantes y condiciones peligrosas; todo ello con un monto de inversión de \$1,840,807.58.
- 6.2.** Se identificó los procesos idóneos para la perforación donde indican que los equipos de perforación deben disminuir sus dimensiones para lograr reducir el monto de inversión de laboreos mineros teniendo que para un equipo dimensionado de $2.5\text{ mts} \times 2.5\text{ mts}$ se tiene una inversión de \$1,045,577.60, conllevando a la mejora de la calidad del mineral hasta un 80% y a su vez reduciendo los riesgos de agentes contaminantes y condiciones peligrosas; resultando a su vez un ahorro de \$795,229.98. También se logró seleccionar la mejor alternativa para el equipo de perforación la cual es una máquina electrohidráulica con un motor diésel.
- 6.3.** Se desarrolló el diseño en donde se determina que para la estructura se utilizó un acero estructural ASTM A36, para los postizos soldables a la estructura se utilizó un acero AISI-1045 y para las bocinas que van agregadas a los componentes se utilizó un acero ISI-3215.

Siguiendo con el proceso se seleccionaron de los siguientes componentes:

- Cilindro hidráulico 40-70/70-500.
- Tubo lapeado (BK +H9).
- Unidad de rotación L30-65.
- Bobas BOSH REXROTH.
- Martillo hidráulico 1838.
- Diferenciales DANA-SPICER.
- Motor eléctrico ABB.
- Motor Diesel Deutz 914.

Se utilizando el software SolidWorks y se realizó el análisis de pruebas estáticas con los siguientes parámetros de un factor de seguridad mínimo de 2.95, una tensión máxima de VON MISES de $84,665,792 \text{ N/m}^2$ y un desplazamiento máximo de 3.154 mm, logrando obtener un chasis resistente a las fuerzas a las que se encuentra expuesta en el trabajo, también se realizó el análisis de fatiga el cual nos arrojó que el equipo tiene una extensa vida útil. En la construcción del equipo se realizaron varios pasos los cuales están en el diagrama de flujo

- 6.4.** En la evaluación económica del diseño se obtuvo que el precio de inversión para la construcción es de \$300,000.00, el monto total por los cuatro años a evaluar de los costos por reparación del equipo es de \$768,000.00 y así también por el mismo periodo de tiempo la valoración es de \$2,174,000.00; todo ello se puede calcular el VAN que es de \$792,296.54 siendo una inversión rentable debido que se obtiene un TIR de 126.16% y con un ROI de 264.10% que indica por cada dólar invertido retorna \$264.10 y un tiempo de recuperación de dos años.

A su vez se un incremento del 34.57% de cantidad de barras reales las cuales superan a las barras programadas incrementando la disponibilidad del equipo, así también el avance por metros perforados se incrementó en un 20.39% más que la del equipo grande, por último, la producción diaria y mensual del equipo mediano se incrementa en un 13.16% en relación al del equipo grande.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1.** La construcción del diseño propuesto se debe realizar en un taller amplio y con correcta iluminación para poder realizar un trabajo óptimo y así lograr un diseño innovador como se busca.
- 7.2.** La construcción del nuevo diseño de perforador electrohidráulico mediano se debe realizar sin paralizar actividades mineras puesto que las pérdidas para la mina serían más elevadas y los indicadores económicos disminuirían, lo cual ocasionaría un desinterés por parte de los inversionistas.
- 7.3.** Puesto en marcha el diseño, teniendo su correcto funcionamiento y en búsqueda de mejoras continuas se recomienda realizar la automatización parcial o total del equipo de perforación, lo cual ayudara a la reducción los riesgos laborales que se encuentran presentes en la actividad de perforación.
- 7.4.** Con la puesta en marcha del nuevo diseño de equipo de perforación mediano se recomienda realizar un estudio de impacto ambiental, sabiendo que el uso de combustible es menor, se extrae menos cantidad de desmonte y se utiliza menor cantidad de explosivos; para saber en cuanto reduce su impacto.

REFERENCIAS

Altamirano, Fernández Ignacio. 2017. *Plan de mejora de los indicadores de mantenimiento para los equipos de perforación de avance de galería y de producción en minera LAS CENIZAS FAENA CABILDO.* Viña del Mar : Universidad técnica Federico Santa María , 2017.

Altertecnica. 2018. Altertecnica. [En línea] 2018. <https://altertecnica.com/ingenieria-concurrente-diseno-fabricacion/>.

Arias, Egoavil Luis. 2017. Slideshare. [En línea] 22 de enero de 2017. <https://es.slideshare.net/daxluis/diseo-mecnico-71260589>.

Bellido, Calsina Antonio. 2018. *Rendimiento de Jumbos Sandvik frente a los tiempos improductivos de perforación de galerías de la contrata AESA-Unidad minera San Rafael.* Puno : Universidad nacional del Altiplano, 2018.

Bendezú, Avilés Guillermo. 2014. *Aplicación del valor presente en el estudio técnico - económico de perforadoras Jacks Leg en la mina Guarón-CIA minera PANAMERICAN SILVER S.A.* Ayacucho: Universidad nacional de san Cristóbal de Huamanga, 2014.

Bomba variable a pistones axiales. **GROUP, BOSCH. 2016.** RS92050, s.l. : Rexroth, 2016, Vol. 01.

BOSCH GROUP. 2016. Bomba variable a pistones axiales A4VSO. [En línea] 2016. [manual_bomba_de_pistones_axiales_caudal_variable_circuito_abierto_A4VSO_Bosch_Rexroth](#).

Carrizales, Esmeralda Francisco Leobardo. 2018. *Taller de investigación I.* Matehuala : Instituto tecnológico de Matehuala, 2018.

Catálogo BOSCH. **BOSCH. 2018.** 2018.

—. **BOSCH. 2016.** 2016.

Chuyma, Riveros Rolando. 2019. *Comparación de rendimiento de perforación entre el mini Jumbo Muki y perforadora Stoper, en vetas angostas. Mina Caudlosa 2016.* Abancay : Universidad nacional de Micaela Bastida de Apurímac, 2019.

De Echave, C. José. 2019. CooperAcción. *Las tendencias de la inversión minera a nivel global.* [En línea] 25 de abril de 2019. <http://cooperaccion.org.pe/las-tendencias-de-la-inversion-minera-a-nivel-global/>.

- Deán, Raúl, Maglione, Livio y Cappellari, Fernando. 2018.** *Análisis de función y matriz morfológica aplicado al diseño de un implemento agrícola.* Córdoba : Aporte Santiaguino, 2018.
- El peruano, D. 2018.** Aporte de la minería al PBI. [En línea] 19 de abril de 2018. <https://elperuano.pe/noticia-aporte-de-mineria-al-pbi-65726.aspx>.
- Geoxnext. 2020.** Compumet. [En línea] 2020. [Citado el: 16 de noviembre de 2020.]
- Jiménez, Rodríguez Rafael Manuel. 2017.** *Estudio y simulación finitos del comportamiento de discos cerámicos.* Catalunya : Escuela Técnica superior de ingeniería industrial y aeronáutica de Terrassa, 2017.
- Linea, 2019.** Minera en línea. [En línea] [Citado el: 07 de abril de 2019.] <https://mineriaenlinea.com/2017/04/las-10-empresas-mineras-importantes-en-mundo/>.
- Maccha, Valle Julio César. 2018.** *Selección y rendimiento de equipo pesado en la mina subterránea de compañía minera Atacocha S.A.A.* Cerro de Pasco : Universidad nacional Daniel Alcides Carrión, 2018.
- Mendoza, Fuente Piero Fabrizio. 2017.** *Perforadora de rocas teleoperada para la minería profunda, con control autónomo del brazo hidráulico en un grado de libertad.* Lima : PUCP, 2017.
- Niño, Rojas Víctor Manuel. 2011.** *Metodología de la investigación.* Bogotá: Ediciones de la U, 2011.
- PDCA home. 2014.** PDCA home. [En línea] 20 de junio de 2014. <https://www.pdcahome.com/6467/ingenieria-concurrente-metodo-para-la-excelencia-de-productos/>.
- Renado, Carlos, y otros. 2017.** *Hidráulica.* Santander : Universidad de Cantabria, 2017.
- Salcedo, Curasi Yuri Alex. 2019.** *Selección de equipos de perforación subterránea.* Puno : Universidad nacional del Altiplano, 2019.
- Simba S7. EPIROC. 2018.** Lima : s.n., 2018.
- Sovero, Muñoz Orlando. 2017.** *Repositorio UNCP.* Huancayo : Universidad nacional del centro del Perú, 2017.


Tamayo, Ly Carla y Silva, Siesquen Irene. 2018. *Técnicas e instrumentos de recolección de datos.* Chimbote : Universidad católica los Ángeles de Chimbote, 2018.

VDI-FPM, Fachbereich Produktentwicklung und Mechatronik. 1997-11. *Design engineering methodics-engineering design at optimum cost-dimensioning.* Berlin : VDI-Gesellschaft Produkt- und., 1997-11.

— **2019.** *Design of technical products and systems - Configuration of individual product design processes.* Berlin : VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung, 2019.

ANEXOS

ANEXO N° 01: Reporte diario de perforación de los equipos Equipo de Perforación para vetas angostas.

 REPORTE DE METROS PERFORADOS RESEFER 01													
DATOS GENERALES				METROS PERFORADOS									
Fecha	Turno	Operador	Labor	Mts. Perf. de 64 mm		Mts. Perf. Rimado 5'		Mts. Reperf. 64 mm		Mts. Perf. Kayser 3'		Total, m perf. Tpm	Total, mts. Perf.v° b°
				Metros Reporte	Metros V°B°	Metros Reporte	Metros V°B°	Metros Reporte	Metros V°B°	Metros Reporte	Metros V°B°		
22-Abr	DIA	LEYVA	NV 1500 TJ 244	83.4	83.4	0.0	0.0	24.0	24.0	0.0	0.0	107.4	107.4
	NOCHE	RIOS	NV 1900 TJ 520	96.0	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	9.6	105.6	105.6
24-Abr	DIA	LANDA	NV 1900 TJ 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	NOCHE	LEYVA	NV 1900 TJ 520	91.2	91.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	4.8	96.0	96.0

30-Abr	DIA	-	NV 1900 TJ 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	NOCHE	LANDA	NV 1900 TJ 520	120.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.0	120.0
1-May	DIA	RIOS	NV 1900 TJ 520	102.0	102.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	102.0	102.0
	NOCHE	LANDA	NV 1900 TJ 520	72.0	72.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	4.8	76.8	76.8
2-May	DIA	RIOS	NV 1900 TJ 520	67.2	67.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	67.2	67.2
	NOCHE	LANDA	NV 1900 TJ 520	102.0	102.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	102.0	102.0
3-May	DIA	RIOS	NV 1900 TJ 520	67.2	67.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	67.2	67.2

8-May	NOCHE	LANDA	NV 1900 TJ 520	120.6	120.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.6	120.6
	DIA	LEYVA	NV 1900 TJ 520	110.4	110.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	114.0	114.0
	NOCHE	VILCA	NV 1900 TJ 520	43.2	43.2	43.2	43.2	0.0	0.0	0.0	0.0	86.4	86.4
9-May	DIA	LEYVA	NV 1900 TJ 520	49.8	49.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.8	49.8
	NOCHE	VILCA	NV 1900 TJ 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10-May	DIA	-	NV 1900 TJ 520	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	NOCHE	VILCA	NV 1900 TJ 520	57.6	57.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.6	57.6

12-May	DIA	LEYVA	NV 1900 TJ 245	93.6	93.6	43.2	43.2	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8
	NOCHE	VILCA	NV 2100 TJ 655	36.0	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.0	36.0
14-May	DIA	OSORIO	NV 2100 TJ 680	124.8	124.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	124.8	124.8
	NOCHE	LEYVA	NV 2100 TJ 680	156.0	156.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	156.0	156.0
19-May	DIA	LANDA	NV 1900 TJ 520	36.0	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.0	36.0
	NOCHE	LEYVA	NV 1500 TJ 494	114.0	114.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	114.0	114.0
21-May	DIA	VILCA	NV 1500 TJ 494	94.8	94.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	94.8	94.8

	NOCHE	LANDA	NV 1500 TJ 494	120.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.0	120.0
TOTAL METROS PERFORADOS POR MES				5005.80	5005.80	110.40	110.40	76.80	76.80	56.40	56.40	5249.40	5249.40
Guardias trabajadas												56	Guardias
Promedio de horas trabajadas por guardia												4.3	Horas
Rendimiento por guardia (mts /gdia)												93.7	Horas
Rendimiento por hora (mts / hora)												21.8	Horas

REPORTE DE METROS PERFORADOS RESEFER 02

DATOS GENERALES				METROS PERFORADOS									
Fecha	Turno	Operador	Labor	Mts. Perf. De 64 mm		Mts. Perf. Rimado 5´		Mts. Reperf. 64 mm		Mts. Perf. Kayser 3´		Total m perf. Tpm	Total mts. Perf.v° b°
				Metros Reporte	Metros V°B°	Metros Reporte	Metros V°B°	Metros Reporte	Metros V°B°	Metros Reporte	Metros V°B°		
22-Abr	DIA	CAMPOS	NV 1000 TJ 894	37.8	37.8	0.0	0.0	121.8	121.8	2.4	2.4	162.0	162.0
	NOCHE	CUBA	NV 1000 TJ 894	75.0	75.0	0.0	0.0	84.0	84.0	7.8	7.8	166.8	166.8
23-Abr	DIA	ESCOBAR	NV 1000 TJ 894	0.0	0.0	0.0	0.0	54.0	54.0	0.0	0.0	54.0	54.0
	NOCHE	CAMPOS	NV 1000 TJ 894	0.0	0.0	0.0	0.0	178.8	178.8	0.0	0.0	178.8	178.8
25-Abr	DIA	ESCOBAR	NV 1000 TJ 894	0.0	0.0	0.0	0.0	96.0	96.0	0.0	0.0	96.0	96.0

28-Abr	NOCHE	CAMPOS	NV 1000 TJ 894	0.0	0.0	0.0	0.0	45.6	45.6	0.0	0.0	45.6	45.6
	DIA	ESCOBAR	NV 1000 TJ 894	0.0	0.0	0.0	0.0	100.8	100.8	38.4	38.4	139.2	139.2
	NOCHE	CAMPOS	NV 1000 TJ 894	0.0	0.0	0.0	0.0	175.2	175.2	0.0	0.0	175.2	175.2
30-Abr	DIA	CUBA	NV 1000 TJ 894	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	NOCHE	ESCOBAR	NV 1200 TJ 762	2.4	2.4	16.2	16.2	16.2	16.2	0.0	0.0	34.8	34.8
1-May	DIA	CUBA	NV 1000 TJ 894	0.0	0.0	0.0	0.0	115.2	115.2	0.0	0.0	115.2	115.2
	NOCHE	ESCOBAR	NV 1000 TJ 894	18.0	18.0	0.0	0.0	108.0	108.0	0.0	0.0	126.0	126.0

2-May	DIA	CUBA	NV 1000 TJ 894	0.0	0.0	0.0	0.0	223.2	223.2	0.0	0.0	223.2	223.2
	NOCHE	ESCOBAR	NV 1000 TJ 894	14.4	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	14.4
3-May	DIA	CUBA	NV 1000 TJ 894	0.0	0.0	0.0	0.0	54.0	54.0	0.0	0.0	54.0	54.0
	NOCHE	ESCOBAR	NV 1500 TJ 284	126.0	126.0	24.0	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	150.0	150.0
	NOCHE	VILCA	NV 1500 TJ 284	84.0	84.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.0	84.0
7-May	DIA	CAMPOS	NV 1500 TJ 284	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	NOCHE	CUBA	NV 1500 TJ 284	0.0	0.0	0.0	0.0	170.4	170.4	0.0	0.0	170.4	170.4

10-May	DIA	CAMPOS	NV1000 TJ 762	25.2	25.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.2	25.2
	NOCHE	CUBA	NV 1200 TJ 762	123.0	123.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	123.0	123.0
11-May	DIA	CAMPOS	NV 1200 TJ 762	126.6	126.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	126.6	126.6
	NOCHE	CUBA	NV 1200 TJ 762	145.2	145.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	145.2	145.2
16-May	DIA	ESCOBAR	NV 1000 TJ 894	78.0	78.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	4.8	82.8	82.8
	NOCHE	CAMPOS	NV 1000 TJ 894	45.6	45.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	2.4	48.0	48.0
17-May	DIA	ESCOBAR	NV 1000 TJ 894	97.2	97.2	25.2	25.2	0.0	0.0	4.8	4.8	127.2	127.2

21-May	NOCHE	CAMPOS	NV 1000 TJ 894	78.0	78.0	0.0	0.0	22.8	22.8	3.6	3.6	104.4	104.4
	DIA	APARCO	NV 1000 TJ 894	80.4	80.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.4	80.4
	NOCHE	ESCOBAR	NV 1000 TJ 894	80.4	80.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.4	80.4
				2650.20	2650.20	129.00	129.00	3092.40	3092.40	78.60	78.60	5950.20	5950.20
Guardias trabajadas												51	Guardias
Promedio de horas trabajadas por guardia												4.5	Horas
Rendimiento por guardia (mts / g día)												116.7	Horas
Rendimiento por hora (mts / hora)												25.9	Horas

REPORTE DE METROS PERFORADOS RESEFER 06

DATOS GENERALES				METROS PERFORADOS									
Fecha	Mina	Operador	Labor	Mts. Perf. De 64 mm		Mts. Perf. Rimado 5´		Mts. Reperf. 64 mm		Mts. Perf. Kayser 3´		Total m perf. Tpm	Total mts. Perf.v° b°
				Metros Reporte	Metros V°B°	Metros Reporte	Metros V°B°	Metros Reporte	Metros V°B°	Metros Reporte	Metros V°B°		
22-Abr	V	-	NV 4100 TJ 7011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	V	APARCO	NV 4100 TJ 7011	127.2	127.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	7.2	134.4	134.4
23-Abr	V	FUERO	NV 4100 TJ 7011	80.4	80.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.4	80.4
	V	HUARAC A	NV 4100 TJ 7011	24.0	24.0	0.0	0.0	122.4	122.4	0.0	0.0	146.4	146.4
24-Abr	V	FUERO	NV 4100 TJ 7011	88.8	88.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88.8	88.8
	V	HUARAC A	NV 4100 TJ 7011	128.4	128.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	128.4	128.4
30-	V	APARCO	NV 4100 TJ 7011	132.0	132.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	133.2	133.2

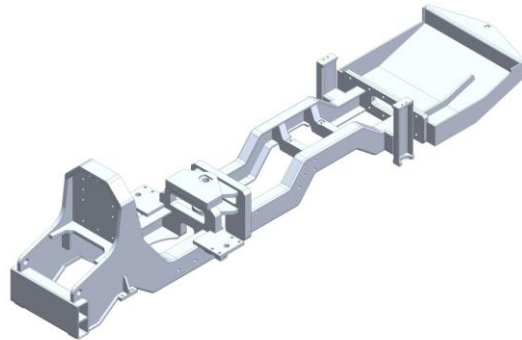
	>	FUERO	NV 4100 TJ 7011	92.4	92.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.4	92.4
1-May	>	JIMENEZ	NV 4100 TJ 7011	164.4	164.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	164.4	164.4
	>	FUERO	NV 4100 TJ 7011	132.0	132.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.0	132.0
2-May	>	JIMENEZ	NV 4100 TJ 7011	124.8	124.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	124.8	124.8
	>	FUERO	NV 4100 TJ 7011	27.6	27.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.6	27.6
4-May	>	JIMENEZ	NV 4100 TJ 7011	139.2	139.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	7.2	146.4	146.4
	>	FUERO	NV 4100 TJ 7011	132.0	132.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.0	132.0
5-May	>	JIMENEZ	NV 4100 TJ 7011	115.2	115.2	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	8.4	123.6	123.6
	>	FUERO	NV 4100 TJ 7011	120.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	6.0	126.0	126.0
8-	>	JIMENEZ	NV 4100 TJ 7011	132.0	132.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.0	132.0

	>	HUARAC A	NV 4100 TJ 7011	100.8	100.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.8	100.8
9-May	>	JIMENEZ	NV 4100 TJ 7011	136.8	136.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.8	136.8
	>	HUARAC A	NV 4100 TJ 7011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10-May	>	JIMENEZ	NV 4100 TJ 7011	120.0	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120.0	120.0
	>	HUARAC A	NV 4100 TJ 7011	96.0	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	96.0	96.0
11-May	>	JIMENEZ	NV 4100 TJ 7011	90.0	90.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0	90.0
	>	HUARAC A	NV 4100 TJ 7011	93.6	93.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	93.6	93.6
12-May	>	JIMENEZ	NV 4100 TJ 7011	31.2	31.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.2	31.2
	>	HUARAC A	NV 4100 TJ 7011	106.8	106.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	106.8	106.8
16-	>	FUERO	NV 4100 TJ 7011	44.4	44.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.4	44.4

	>	JIMENEZ	NV 4100 TJ 7011	158.4	158.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	158.4	158.4
17-May	>	FUERO	NV 4100 TJ 7011	30.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	30.0
	>	JIMENEZ	NV 4100 TJ 7011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21-May	>	HUARAC A	NV 4100 TJ 7011	139.2	139.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	139.2	139.2
	>	FUERO	NV 4100 TJ 7011	200.4	200.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	200.4	200.4
TOTAL				6000.60	6000.60	86.40	86.40	122.40	122.40	76.80	76.80	6286.20	6286.20
Guardias trabajadas												47	Guardias
Promedio de horas trabajadas por guardia												4.6	Horas
Rendimiento por guardia (mts / g día)												133.7	Horas
Rendimiento por hora (mts / hora)												29.1	Horas

ANEXO N° 02: Informes del software SolidWorks.

Anexo 2.1. Simulación de esfuerzo por fatiga del diseño



Nombre del modelo: **CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACIÓN**

Configuración actual: **Default**

Diseño	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/ Fecha de modificación
<p>Redondeo2</p> 	Sólido	<p>Masa:1173.72 kg Volumen:0.149518 m^3 Densidad:7850 kg/m^3 Peso:11502.4 N</p>	<p>F:\RECICLADO\N. LITTLE\CHASIS DELANTERO.SLDPRT Nov 24 11:54:29 2020</p>
<p>Taladro de margen para M241</p> 	Sólido	<p>Masa:790.407 kg Volumen:0.100689 m^3 Densidad:7850 kg/m^3 Peso:7745.99 N</p>	<p>F:\RECICLADO\N. LITTLE\CHASIS INTERMEDIO.SLDPRT Nov 24 14:53:58 2020</p>
<p>Saliente-Extruir8</p> 	Sólido	<p>Masa:254.189 kg Volumen:0.0323808 m^3 Densidad:7850 kg/m^3 Peso:2491.05 N</p>	<p>F:\RECICLADO\N. LITTLE\CHASIS POSTERIOR.SLDPRT Nov 24 11:54:29 2020</p>

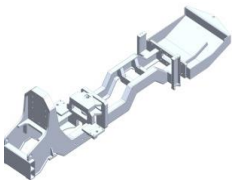
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga 1
Tipo de análisis	Fatiga(Amplitud constante)
Interacción entre sucesos	Aleatoria
Calcular tensiones alternas usando	Intensidad de tensión (P1-P3)
Cara de elemento SHELL	Cara superior
Corrección de la tensión media	Ninguno
Factor de reducción de resistencia a la fatiga	1
Vida infinita	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (F:\RECICLADO\N. LITTLE)

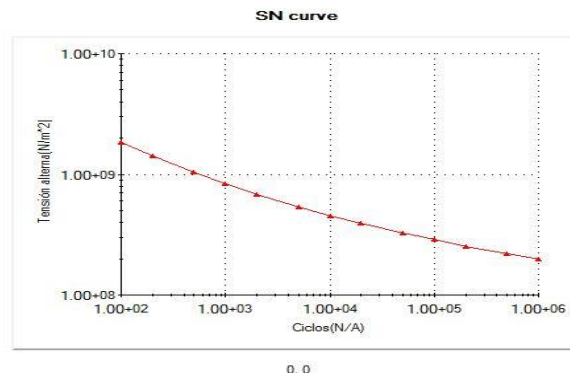
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico ((MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	<i>Rad/seg</i>
Presión/Tensión	<i>N/m²</i>

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ASTM A36</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p>	<p>Sólido 1(Redondeo2) (CHASIS DELANTERO-1), Sólido 1(Taladro de margen para M241) (CHASIS INTERMEDIO-1), Sólido 1(Saliente-Extruir8)(CHASIS POSTERIOR-1)</p>

Datos de curva:



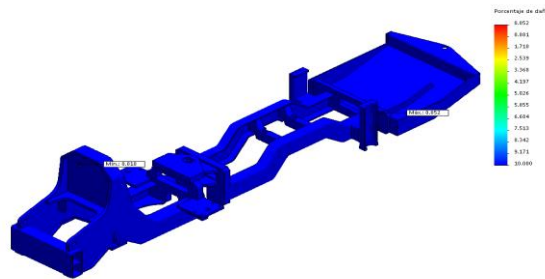
Opciones de carga

Nombre del evento	N.º de ciclos	Tipo de carga	Asociación de estudios		
			Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento
Suceso-1	100	Completamente invertida (LR=-1)	Análisis estático 1	1	0

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados1	Daño acumulado	0.010 Nodo: 1	0.052 Nodo: 65134

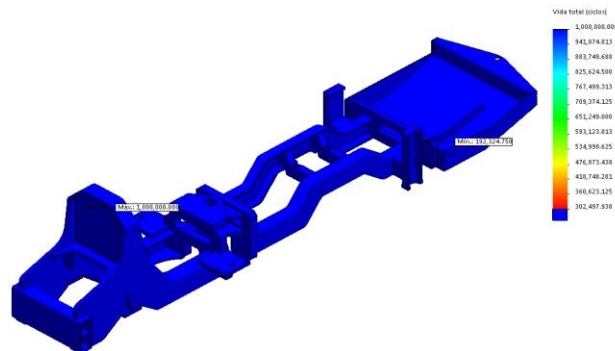
Nombre del modelo: CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION
Nombre de estudio: Fatiga 1 (Default)
Tipo de resultado: Fatiga (daño) Resultados1



CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION-Fatiga 1-Resultados-Resultados1

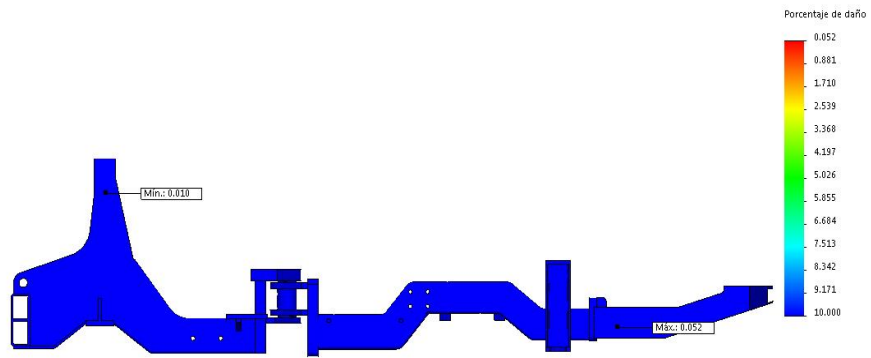
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados2	Vida total	192,324.750ciclos Nodo: 65134	1,000,000.000ciclos Nodo: 1

Nombre del modelo: CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION
Nombre de estudio: Fatiga 1 (Default)
Tipo de resultado: Fatiga (vida) Resultados2



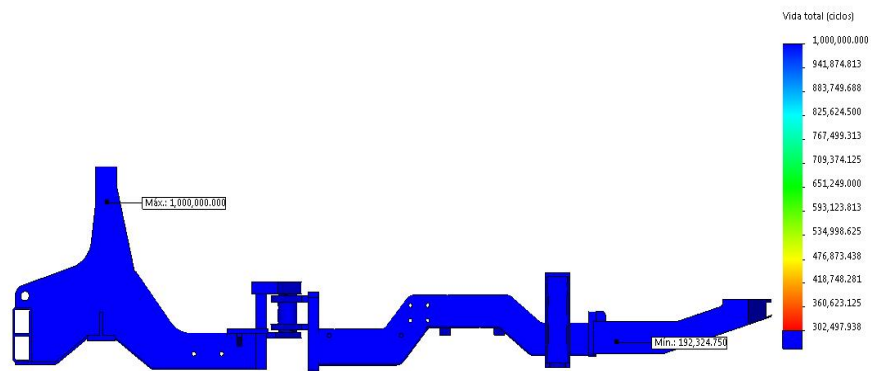
CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION-Fatiga 1-Resultados-Resultados2

Nombre del modelo: CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION
Nombre de estudio: Fatiga 1-[Default]
Tipo de resultado: Fatiga[Daño] Resultados1



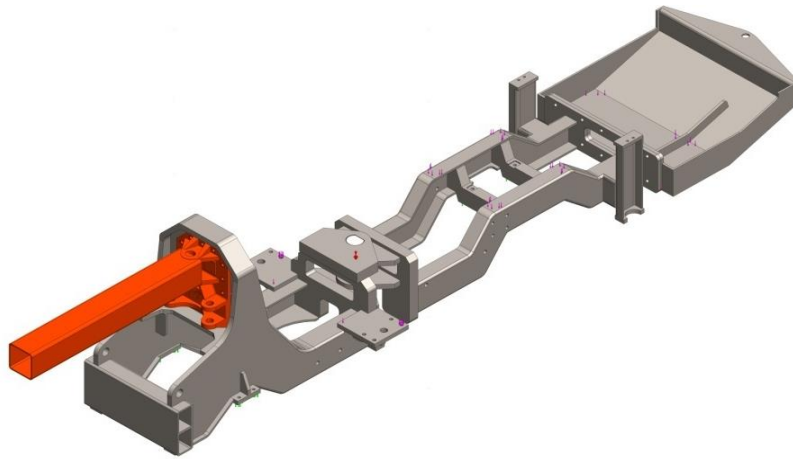
Porcentaje de daño del diseño.

Nombre del modelo: CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION
Nombre de estudio: Fatiga 1-[Default]
Tipo de resultado: Fatiga[Vida] Resultados2






Ciclos de vida del diseño.

Anexo 2.2.-simulación estática del diseño.



Nombre del modelo: CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACIÓN

Configuración actual: Default.

Diseño	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/ Fecha de modificación
Chaflán1 	Sólido	Masa:8.5 2811 kg Volumen: 0.00106601m ³ Densidad: 8000 kg/m ³ Peso: 83.5755 N	F:\N. LITTLEPIN Ø60xØ110x380.SLDPRT Oct 29 17:55:39 2020
Redondeo2 	Sólido	Masa: 1,173.72 kg Volumen: 0.149518 m ³ Densidad: 7,850 kg/m ³ Peso: 11,502.4 N	F:\N. LITTLE\CHASIS DELANTERO.SLDPRT Oct 29 17:54:22 2020
Saliente- Extruir8 	Sólido	Masa:254.189 kg Volumen:0.0323808 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:2491.05 N	F:\N. LITTLE\CHASIS POSTERIOR.SLDPRT Oct 29 17:55:19 2020

Taladro de
margen
para M241



Sólido

Masa: 789.455 kg
Volumen: 0.100568 m^3
Densidad: 7,850 kg/m^3
Peso: 7,736.66 N

F:\N. LITTLE\CHASIS
INTERMEDIO.SLDPRT
Oct 29 17:53:56 2020

Saliente-
Extruir2



Sólido

Masa: 196.529 kg
Volumen: 0.0250355 m^3
Densidad: 7,850 kg/m^3
Peso: 1,925.98 N

F:\N. LITTLE\BRAZO DE
PERFORACION.SLDPRT
Oct 29 17:55:00 2020

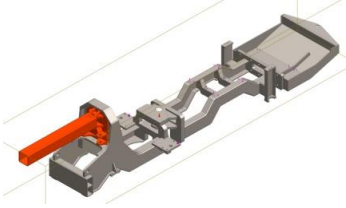
Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Tipo de Solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (F:\N. LITTLE)

UNIDADES

Sistema de unidades	Métrico ((MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m^2

Información de contacto

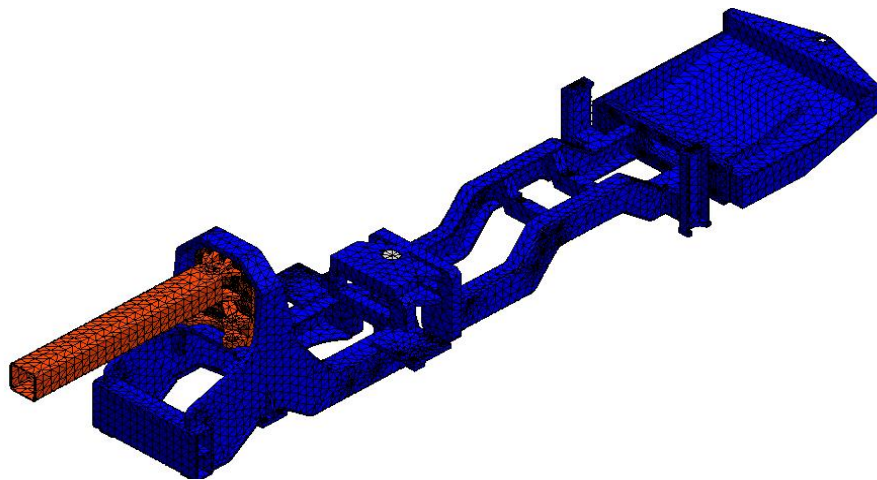
Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto	
Contacto global		Tipo:	Unión rígida
		Componentes:	1 componente(s)
		Opciones:	Mallado compatible

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	62.4182 mm
Tolerancia	3.12091 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	95613
Número total de elementos	51113
Cociente máximo de aspecto	41.174
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	55.1
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	1.44
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:11
Nombre de computadora:	MQL06



Detalle del mallado del diseño del chasis.

Fuerzas resultantes.

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.959415	161073	-24517	162929

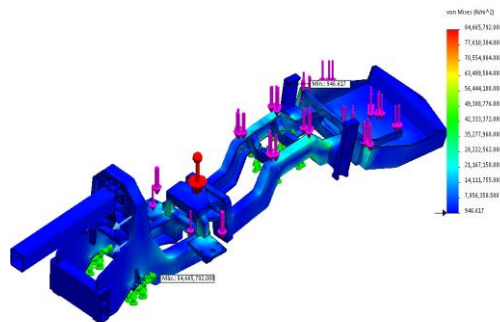
Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Resultados del estudio

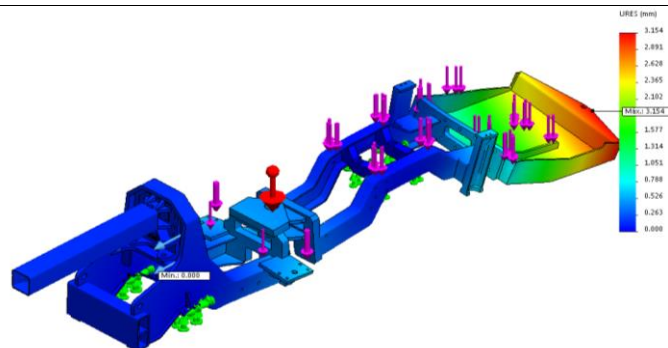
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	946.617 N/m^2 Nodo: 57251	84,665,792 N/m^2 Nodo: 16146

Nombre del modelo: CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION
 Nombre de estudio: Analisis estatico 1-Default1
 Tipo de estudio: Analisis estatico Tension y deformacion
 Escala de deformacion: 200.000
 Volumen (ElementoGeometrico) = 238.000 m³ 100.00 %



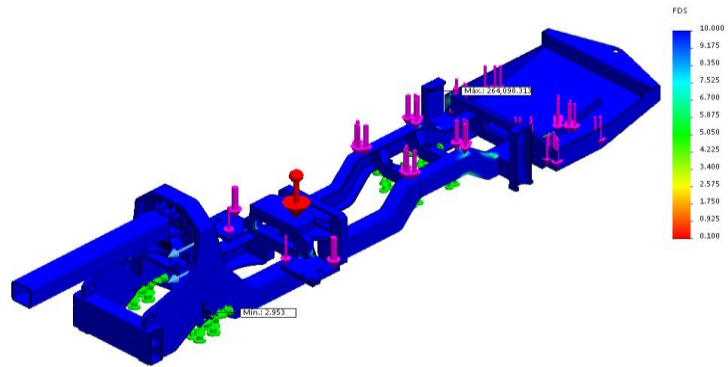
CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000 mm Nodo: 2087	3.154 mm Nodo: 38570



CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad	Automático	2.953 Nodo: 16146	264,098.313 Nodo: 57251



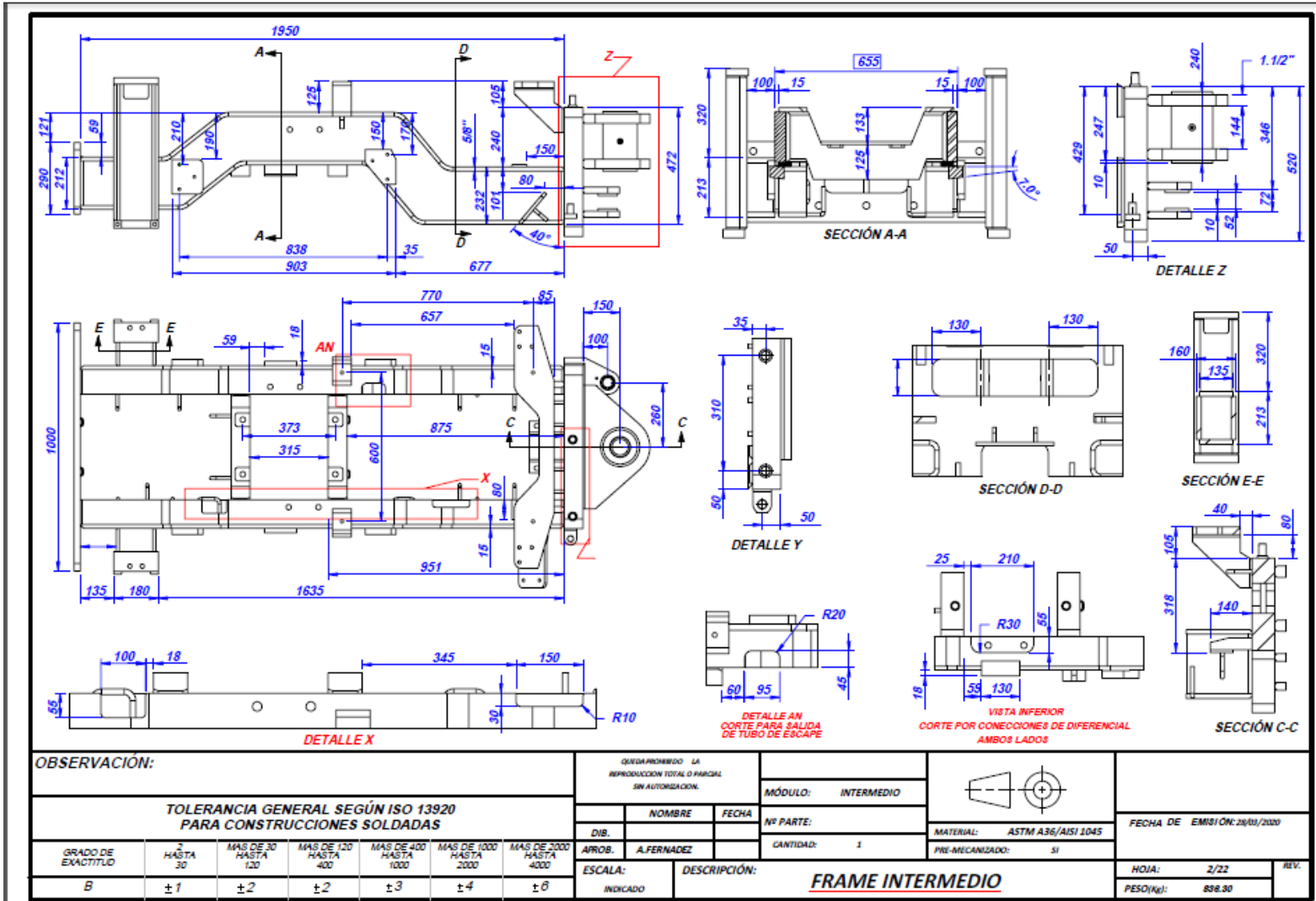
CHASIS DE EQUIPO DE PERFORACION-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

ANEXO N° 03. Planos finales y explosivo del diseño.

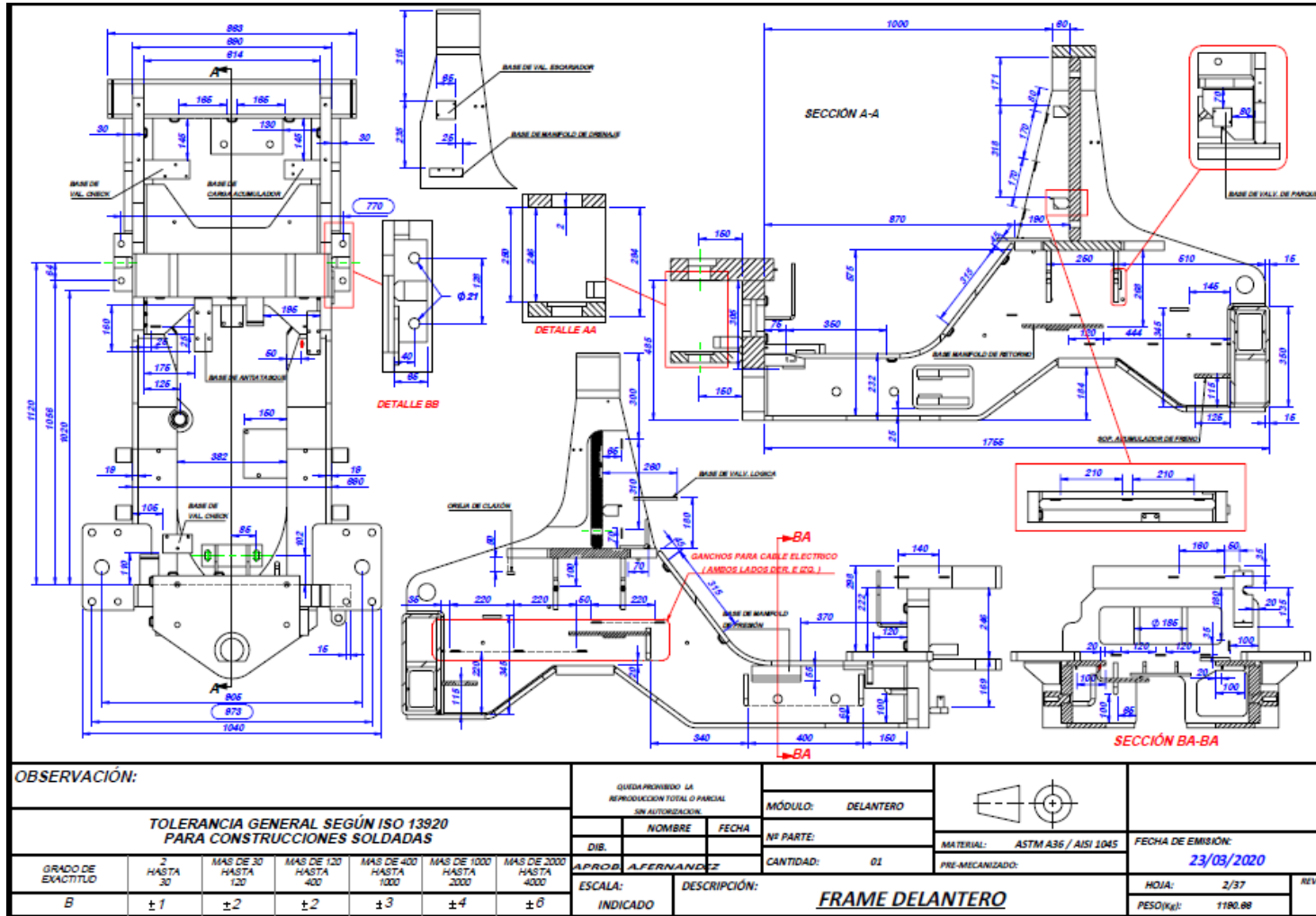
Anexo 3.1. Plano explosivo del diseño propuesto.



Anexo 3.2. Plano del Frame intermedio del diseño propuesto.



Anexo 3.3. Plano del frame delantero del diseño propuesto.



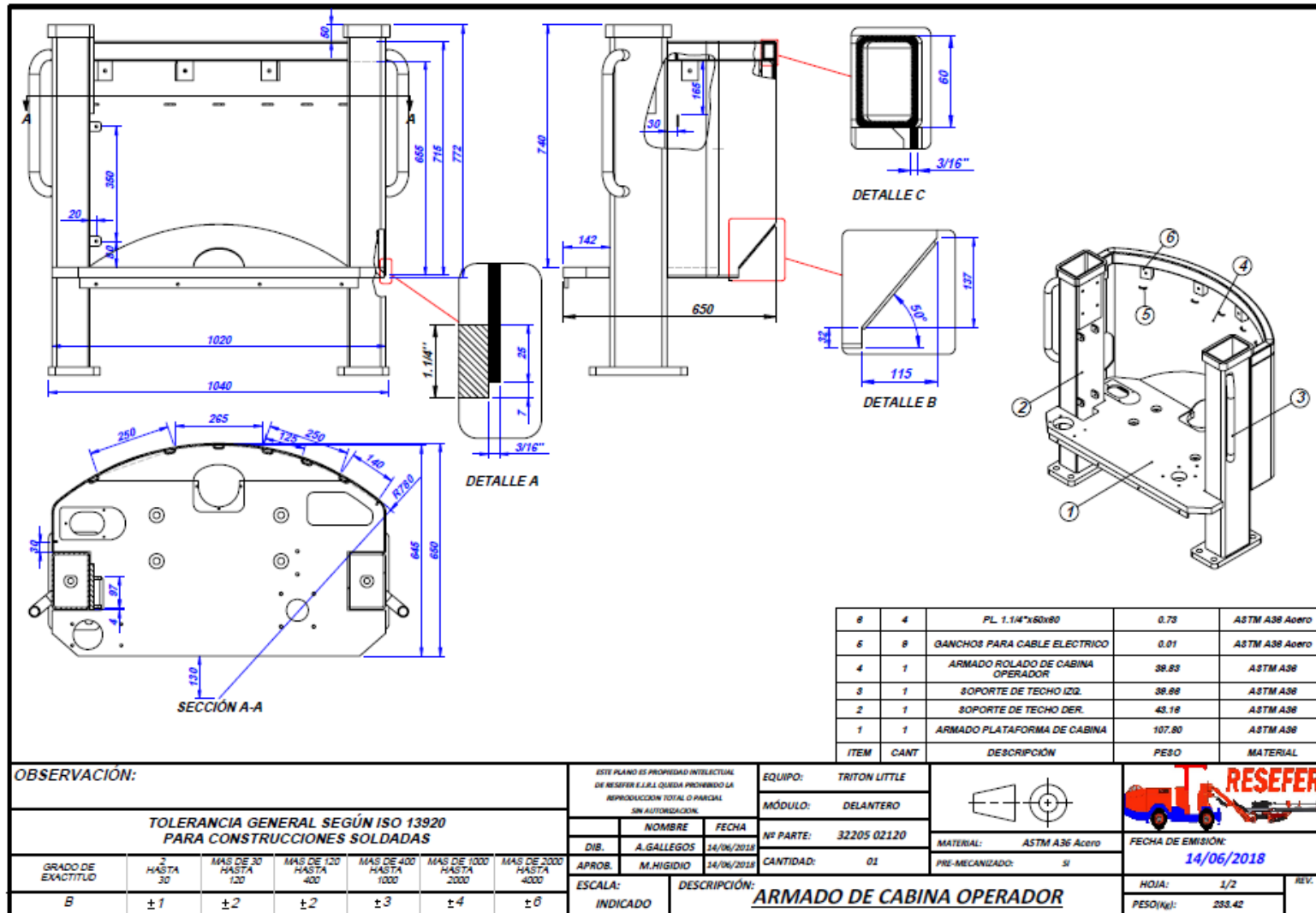
OBSERVACIÓN:

TOLERANCIA GENERAL SEGÚN ISO 13920 PARA CONSTRUCCIONES SOLDADAS

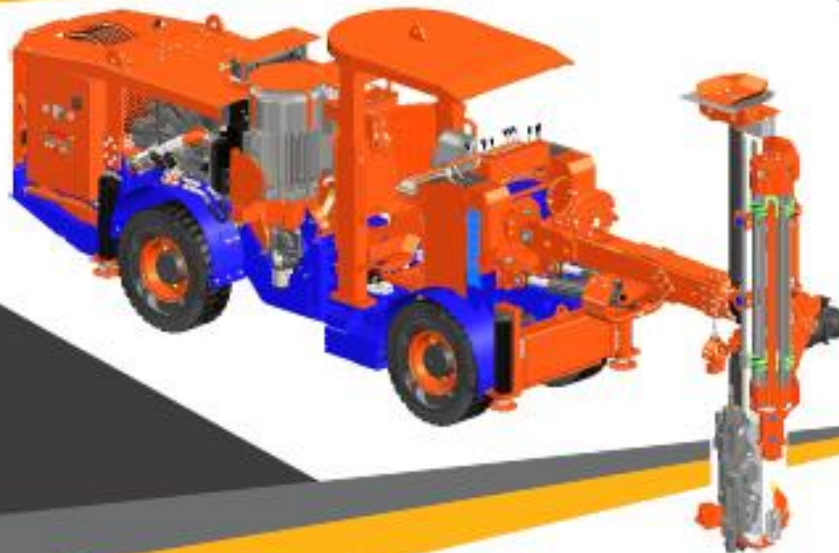
GRADO DE EXACTITUD	2 HASTA 30	MÁS DE 30 HASTA 120	MÁS DE 120 HASTA 400	MÁS DE 400 HASTA 1000	MÁS DE 1000 HASTA 2000	MÁS DE 2000 HASTA 4000
B	±1	±2	±2	±3	±4	±6

QUEDA PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACION		MÓDULO: DELANTERO		FECHA DE EMISION: 23/03/2020
DIB.	NOMBRE	Nº PARTE:		MATERIAL: ASTM A36 / AISI 1045
APROB. A. FERNANDEZ		CANTIDAD: 01	PRE-MECANIZADO:	HOJA: 2/37
ESCALA: INDICADO	DESCRIPCION: FRAME DELANTERO			REV.
				PESO(Kg): 1190.88

Anexo 3.4. Plano de la cabina del operador del diseño propuesto.



FICHA TECNICA



EQUIPO DE PERFORACIÓN MEDIANO **EQUIPO DE TALADROS LARGOS**

Es un equipo de perforación de barrenos largos para galerías pequeñas a medianas, especialmente recomendado para secciones mínimas 2,5x 2,5m hasta 3,5x3,5m, puede perforar barrenos paralelos ascendentes y descendentes.

Equipado con una perforadora COP 1838 HD de 18 KW, dos unidades de perforación montada en el brazo y una compresora tipo tornillo, que permite el consumo mínimo de energía para las aplicaciones exigentes.

FERNANDEZ AGUIERO ALEX ALFREDO

EQUIPO DE PERFORACION MEDIANO



CARACTERISTICAS

PERFORADORA

Modelo	Cap 1638 HD
Fuerza de Impacto	18 kw
Diámetro de perforación	38-69 mm
Shank Adapter	R32,T38,T45
Peso	190 Kg.
Longitud máxima de perforación por taladro	30 metros

VIGA DE PERFORACIÓN

Modelo	LH-2000-04-C
Sistema de Avance (Perforadora)	Transmisión por cadena
Longitud de barras	3 pisa
Longitud total de la viga	2900 mm
Ancoraje durante la perforación	2 Stringer
Ext. de Viga (Barras de 4 Pisas)	450 mm
Sistema de camuflaje	SI
Capacidad de carga de barras	9 Barras

SISTEMA DE BRAZO

Modelo	BTS-1950-NDSB
Paro de Emergencia Automático	SI
Ext. de Brazo	600 mm
Angulo de levante	+54° / +19°
Angulo de giro lateral	+30° / -30°
Unidad de Rotación Horizontal	360°
Unidad de Rotación Vertical	180°

SISTEMA HIDRÁULICO

Tanque de Aceite Hidráulico	180 L / 47.5 gal
Bomba Hidráulica	A19V0100
Refrigerador Tubular	Thermal Transfer
Aceite Hidráulico	Mineral
Indicador de Nivel de Aceite	SI
Indicador de Temperatura de aceite	SI

VEHICULO TRANSPORTADOR

Motor Diesel	DEUTZ BF4L 914
Potencia	72.4 kW @ 2300 rpm
Transmisión	Diferenciales y caja reductora (SPICER DANA)
Dirección Articulada	± 36° Ángulo de Giro
Oscilación de Diferencial posterior	± 7°
Neumáticos	6,25x R15
Velocidad de desplazamiento plano	20 km/h
Velocidad de desplazamiento en rampa + 20°	8 km/h
Tanque de Combustible	70L / 20 gal
Sistema de extinción de incendio	ANSUL
Extintor manual	5 Kg

SISTEMA ELÉCTRICO

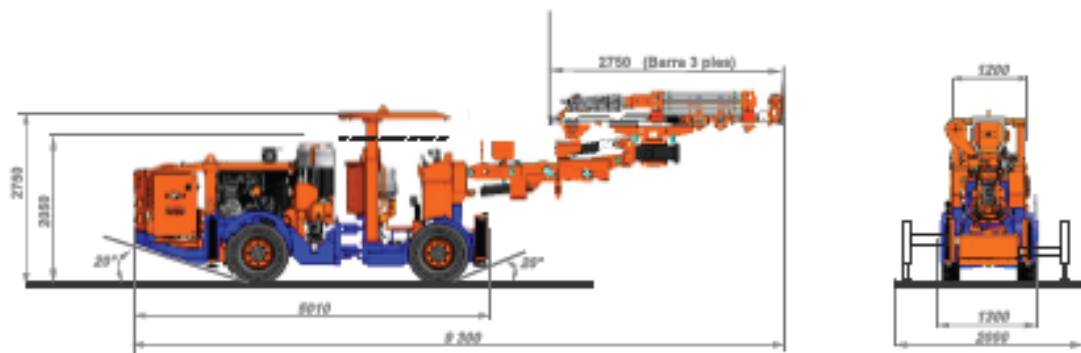
Motor Eléctrico	75Kw (100 HP)
Voltaje	380-440 V
Frecuencia	50-60 Hz
Modo de Arranque	Estrella-Triángulo
Luces de traslado y trabajo	6x LED de 24V

SISTEMA DE AIRE Y AGUA

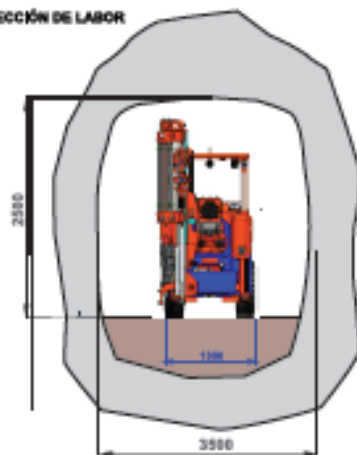
Compresor	Tipo Tornillo (160 CFM)
Presion de Trabajo	8,1 Bar
Bomba de Agua	Grundfos Cr5-0
Sistema de Barrido	Semi húmedo alta presión

FERNANDEZ ABUERO ALEX ALFREDO

EQUIPO DE PERFORACIÓN MEDIANO



SECCIÓN DE LABOR

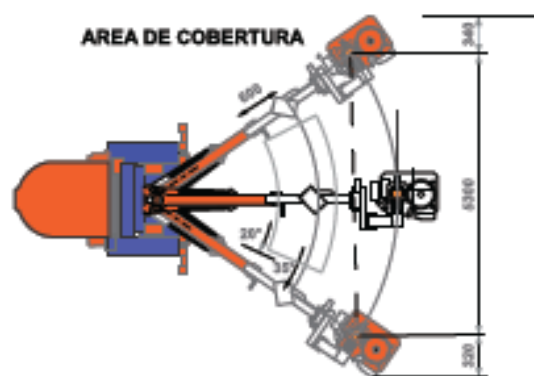


SECCIÓN DE 2.5 x 2.5 m.
Barra de 3 Pies

RADIO DE GIRO



AREA DE COBERTURA



Peso total del equipo : 10,200 Kg.

FERNANDEZ AGUERO ALEX ALFREDO

ANEXO N° 05. Detalles de precios de la construcción del diseño.

Chasis - estructural	Neumáticos	\$3 192,25
	Acero estructural	\$25 265,00
	Bocinas	\$3 911,81
	Bisagras	\$356,66
	Otros componentes	\$1 301,75
	Plegados	\$1 581,75
	Postizos	\$3 137,33
	Bridas	\$5 396,75
	Pines	\$3 856,71
Subtotal		\$48 000,00
Chasis - sistema hidráulico e hidrostático	Motores hidrostáticos	\$7 638,51
	Bombas hidráulicas	\$6 903,39
	Cilindros hidráulicos	\$5 601,08
	Válvulas hidráulicas	\$3 985,01
	Mangueras hidráulicas.	\$2 358,56
	Conexiones	\$2 340,23
	Otros componentes	\$323,64
	Electroválvulas	\$1 591,10
	Adaptadores	\$477,71
	Enfriador de aceite	\$787,78
	Acoples	\$612,01
	Filtros hidráulicos	\$586,34
	Aceite hidráulico	\$408,64
	Pernos	\$302,72
	Bridas	\$298,23
	Campana 100hp	\$252,19
	Indicador de presión	\$221,33
	Asiento de operador	\$170,48
	Amortiguador	\$169,53
	Plancha de jebe	\$147,19
	Identificaciones	\$123,40
	Sprocket	\$112,50
	Protector mangueras	\$90,51
Tapones JIC	\$81,81	
Reducciones	\$60,68	
Espaciadores	\$44,89	
Arandelas	\$39,50	
Uniones JIC	\$20,31	
Subtotal		\$35 749,27
Sistema eléctrico 440v AC	Otros componentes	\$4 718,45
	Clinómetro	\$4 665,70
	Motores eléctricos	\$2 887,56
	Cable de potencia	\$1 920,96

Compresor	\$1 223,31
Sensores	\$938,50
Colector eléctrico	\$880,69
Bomba de agua	\$845,60
Cable eléctrico	\$2 675,64
Cargador de batería	\$337,08
Transformadores	\$334,94
Interruptores térmicos	\$320,73
Tablero eléctrico	\$300,00
Faros	\$277,64
Cajas de pase	\$187,36
Relés térmicos	\$151,91
Sprocket	\$127,75
Reflectores	\$419,31
Protector mangueras	\$187,42
Bocinas	\$279,40
Bridas	\$173,03
Indicador de temperatura	\$261,22
Indicador de horas	\$256,25
Pernos	\$132,28
Arandelas	\$128,66
Indicador de voltaje	\$103,37
Indicador de corriente	\$15,22
Subtotal	\$24 750,00
Otros componentes	\$10 033,67
Panel diésel	\$5 239,73
Indicador de temperatura	\$3 149,89
Baterías	\$346,64
Alarmas	\$88,67
Sistema eléctrico de 24v DC	
Indicador de combustible	\$181,08
Circulinas	\$75,00
Interruptores térmicos	\$257,98
Cajas de pase	\$348,71
Sensores	\$343,27
Indicadores de horas	\$128,13
Claxon	\$57,25
Subtotal	\$20 250,00
Motor diésel	\$55 250,00
Otros componentes	\$4 328,92
Turbo comp. De altura	\$1 753,92
Sistema Diésel	
Catalizador	\$710,85
Volante de motor	\$824,02
Sensores	\$1 237,05
Filtros diésel	\$394,30

	Silenciador	\$123,57
	Pedal de aceleración	\$120,41
	Pernos	\$129,44
	Arandelas	\$127,52
	Subtotal	\$65 000,00
Brazo - estructural	Bocinas	\$3 722,71
	Bridas	\$3 816,00
	Postizos	\$3 218,88
	Acero estructural	\$14 029,13
	Otros componentes	\$3 213,28
	Subtotal	\$28 000,00
Brazo – sistema hidraulico	Unidad de rotación	\$3 720,53
	Cilindros hidráulicos	\$982,37
	Mangueras hidráulicas.	\$766,71
	Conexiones	\$715,96
	EXPANDING SHAFT	\$697,15
	Pines	\$501,28
	Protector mangueras	\$397,02
	Bocinas	\$255,07
	Adaptadores	\$82,16
	Válvulas hidráulicas	\$69,65
	Otros componentes	\$63,26
	Subtotal	\$8 251,17
Viga - estructural	Pines	\$2 242,30
	Acero estructural	\$522,78
	Otros componentes	\$1 234,92
	Subtotal	\$4 000,00
Viga - sistema hidráulico	Motores hidráulicos	\$2 894,19
	Cilindros hidráulicos	\$2 189,83
	Otros componentes	\$304,56
	Bull 120	\$1 141,82
	Viga de aluminio	\$746,56
	CHAIN TENSIONER	\$319,24
	Sprocket	\$111,65
	Soporte de hc-109	\$134,15
	Sujetadores de aluminio	\$208,90
	Cadenas de avance	\$177,70
	Accesorios perforadora	\$2 500,78
	Espaciadores	\$18,94
	Holder de aluminio	\$73,09
	Bocinas	\$72,84
	Válvulas hidráulicas	\$56,53
	Pernos	\$37,08
	Adaptadores	\$11,70

Subtotal		\$ 10 999,56
Pintura	Pintura base	\$5 000,00
	Pintura negra	\$4 500,00
	Pintura de acabado	\$500,00
Subtotal		\$ 10 000,00
Mano de obra	Fabricación del chasis	\$13 500,00
	Instalaciones del sistema hidráulico	\$7 500,00
	Instalaciones del sistema eléctrico	\$9 000,00
Subtotal		\$ 30 000,00
Seguro de trabajo	Seguro del equipo	\$15 000,00
	Subtotal	
Total		\$ 300 000,01

ANEXO N° 06. Registro fotográfico de construcción.

Anexo 6.1. Proceso de corte de material.



Anexo 6.2. Proceso de mecanizado.



Anexo 6.3. Proceso de armado de componentes.





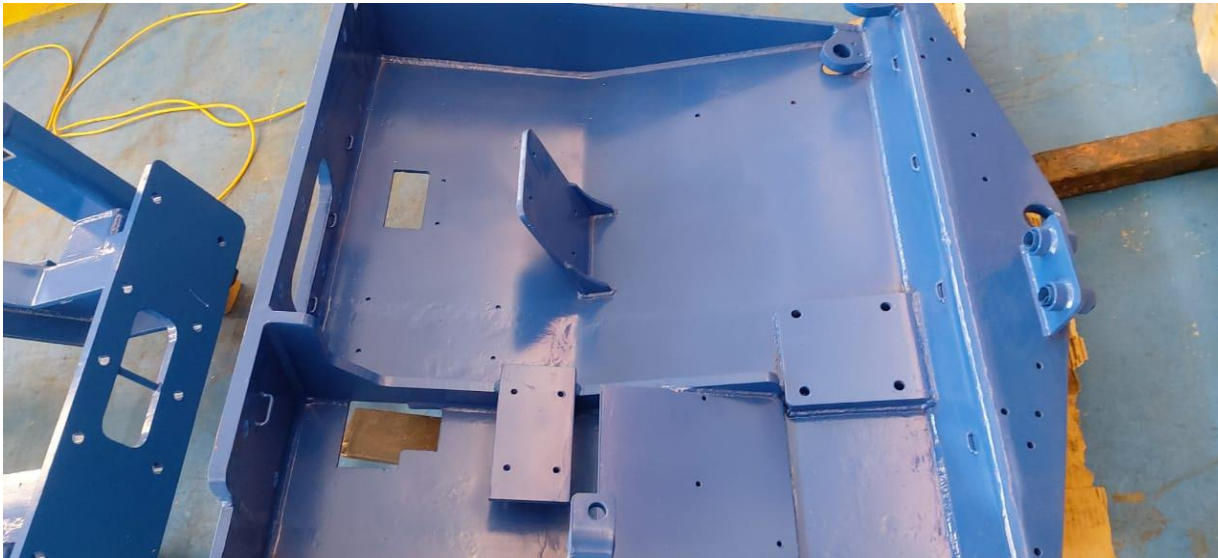
Anexo 6.4. Proceso de pintura.



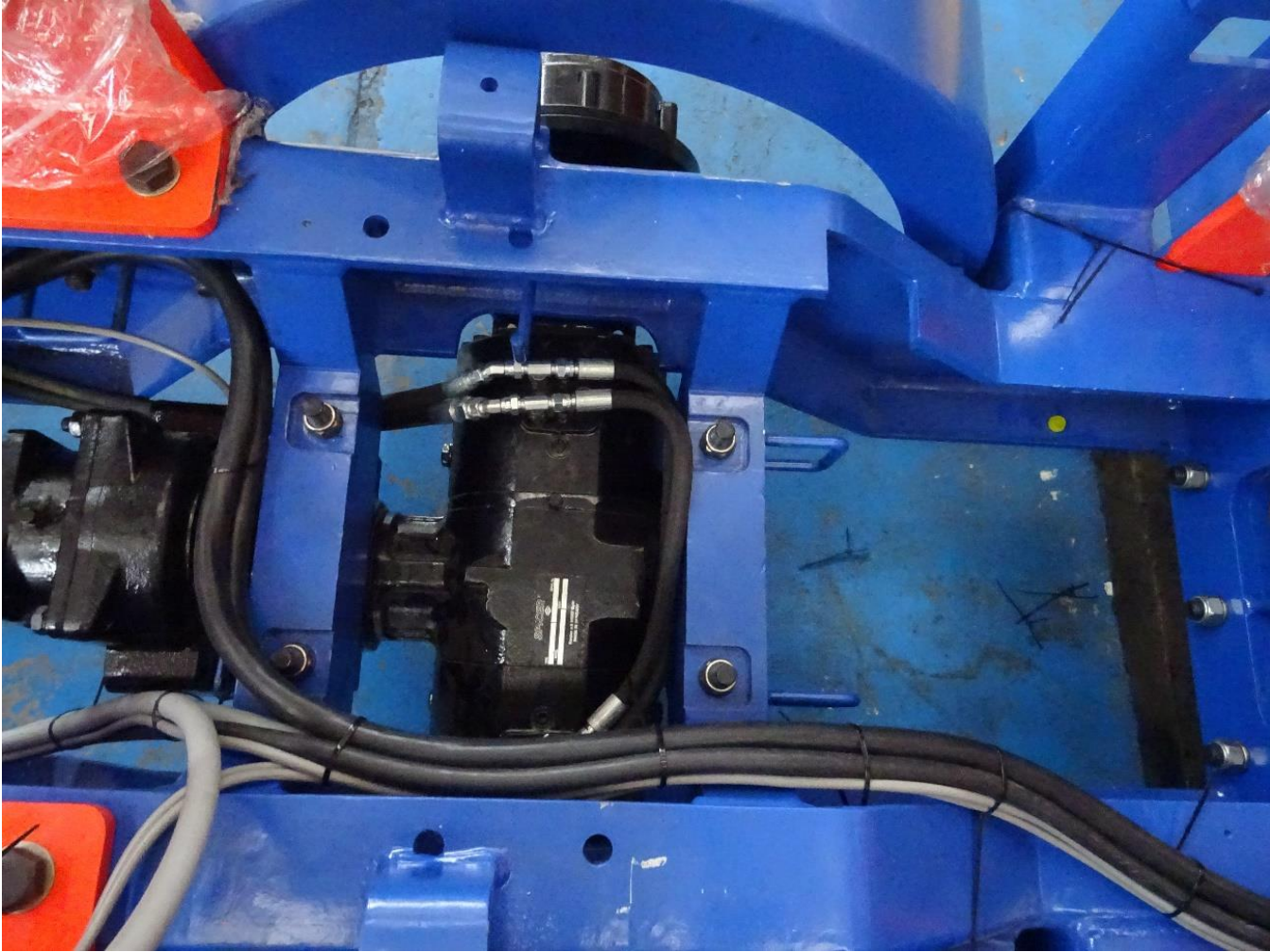


Anexo 6.5. Chasis construido





Anexo 6.6. Instalación de componentes del equipo.

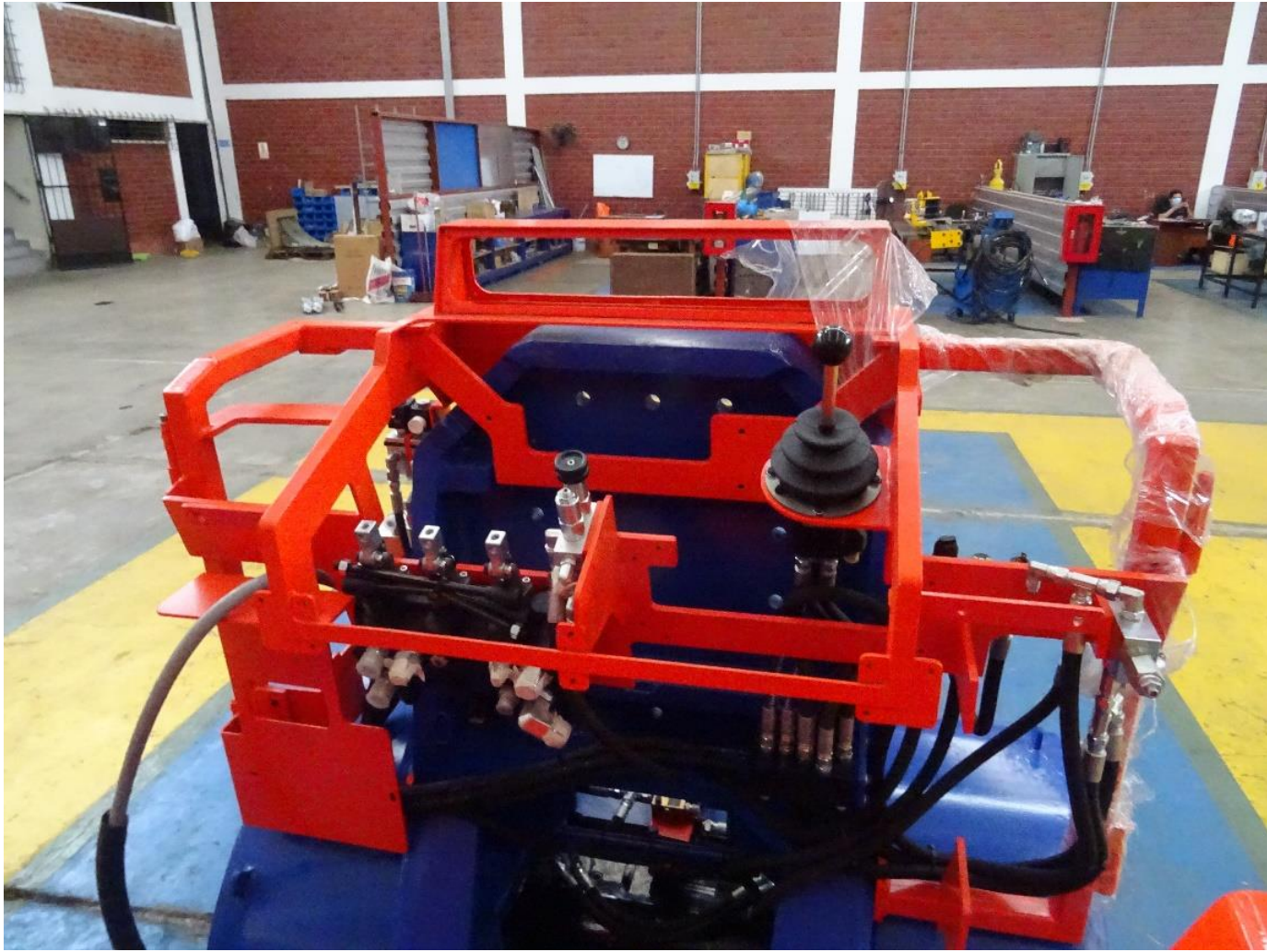






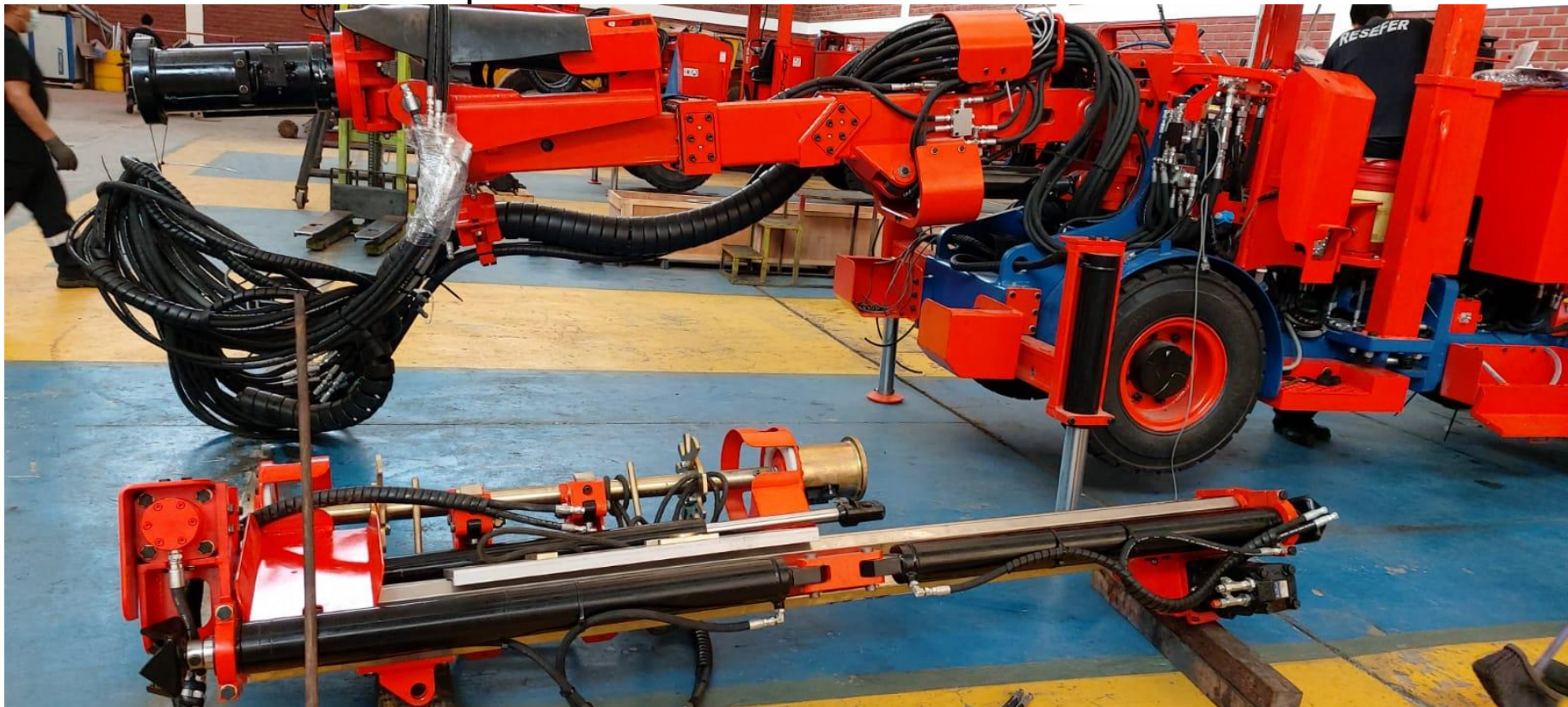








Anexo 6.7. Instalación de brazo perforador.









Anexo 6.8. Culminación de construcción.





ANEXO N° 07: Parámetros de equipo mediano puesto en marcha en mina.

Parámetros	12/10/2020		13/10/2020		14/10/2020		15/10/2020		16/10/2020		17/10/2020		18/10/2020		19/10/2020	
	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N
Velocidad de penetración (BARRA 1.22) (m/seg)	40,1	40,3	40,3	40,2	39,9	40,2	39,8	40,1	40	40,1	40,5	40,4	40,3	40,4	40,4	40,5
Presión de rotación (bar)	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1
Presión de avance (bar)	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9
Presión de percusión (bar)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Temperatura de agua ingreso (°C)	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1
Temperatura de agua salida (°C)	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9
Temperatura de tanque hidráulico (°C)	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6
RPM	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177
Amperaje (A)	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08
Voltaje (V)	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6
Frecuencia (Hz)	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94

Parámetros	20/10/2020		21/10/2020		22/10/2020		23/10/2020		24/10/2020		25/10/2020		26/10/2020		27/10/2020	
	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N
Velocidad de penetración (BARRA 1.22) (m/seg)	39,5	39,7	39,6	39,8	39,6	39,9	40,1	40,3	40,2	40,4	40,3	40,1	40,2	40,3	40,1	40,2
Presión de rotación (bar)	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1
Presión de avance (bar)	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9
Presión de percusión (bar)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Temperatura de agua ingreso (°C)	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1
Temperatura de agua salida (°C)	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9
Temperatura de tanque hidráulico (°C)	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6
RPM	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177
Amperaje (A)	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08
Voltaje (V)	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6
Frecuencia (Hz)	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94

Parámetros	28/10/2020		29/10/2020		30/10/2020		31/10/2020		1/11/2020		2/11/2020		3/11/2020		4/11/2020	
	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N
Velocidad de penetración (BARRA 1.22) (m/seg)	40	40,3	39,9	40,3	40,1	39,8	40,1	40,3	40,2	40,3	40,1	40,3	39,7	39,9	40,1	40,3
Presión de rotación (bar)	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1
Presión de avance (bar)	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9
Presión de percusión (bar)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Temperatura de agua ingreso (°C)	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1
Temperatura de agua salida (°C)	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9
Temperatura de tanque hidráulico (°C)	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6
RPM	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177
Amperaje (A)	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08
Voltaje (V)	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6
Frecuencia (Hz)	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94

Parámetros	5/11/2020		6/11/2020		7/11/2020		8/11/2020		9/11/2020		10/11/2020	
	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N
Velocidad de penetración (BARRA 1.22) (m/seg)	39,9	40,2	40,1	39,9	40,1	38,8	40,1	39,9	40,1	40,3	40,1	40,3
Presión de rotación (bar)	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1	35	35,1
Presión de avance (bar)	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9	70	69,9
Presión de percusión (bar)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Temperatura de agua ingreso (°C)	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12	12,1
Temperatura de agua salida (°C)	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9	18,8	18,9
Temperatura de tanque hidráulico (°C)	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6	35,7	35,6
RPM	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177	177
Amperaje (A)	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08	85,08
Voltaje (V)	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6	450,6
Frecuencia (Hz)	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94	59,94

ANEXO N° 08: Rendimiento de equipo mediano y equipo grande.

Anexo 8.1. Rendimiento de equipo mediano (diseñado).

PRODUCTIVIDAD EQUIPO MEDIANO		
Fecha	Cantidad de barras	Productividad (mts)
14/11/2020	194	235,31
15/11/2020	192	232,89
16/11/2020	208	252,29
17/11/2020	201	243,81
18/11/2020	193	234,1
19/11/2020	205	248,66
20/11/2020	190	230,46
21/11/2020	201	243,81
22/11/2020	195	236,53
23/11/2020	203	246,23
24/11/2020	193	234,1
25/11/2020	198	240,17
26/11/2020	200	242,59
27/11/2020	191	231,68
28/11/2020	191	231,68
29/11/2020	192	232,89
30/11/2020	203	246,23
1/12/2020	203	246,23
2/12/2020	210	254,72
3/12/2020	210	254,72
4/12/2020	205	248,66
5/12/2020	206	249,87
6/12/2020	206	249,87
7/12/2020	190	230,46
8/12/2020	201	243,81
9/12/2020	208	252,29
10/12/2020	200	242,59
11/12/2020	192	232,89
PROMEDIO	200,5714286	243,2854762

Anexo 8.2. Rendimiento de equipo grande.

PRODUCTIVIDAD EQUIPO GRANDE

Fecha	Cantidad de barras	Productividad (mts)
12/09/2020	140	170,8
13/09/2020	45	54
14/09/2020	154	175,68
15/09/2020	108	131
16/09/2020	160	195,2
17/09/2020	106	129
18/09/2020	70	85,4
19/09/2020	100	122
20/09/2020	60	73
21/09/2020	96	117
22/09/2020	108	132
23/09/2020	108	129
24/09/2020	95	117
25/09/2020	108	131
26/09/2020	162	198
27/09/2020	160	195
28/09/2020	189	230
29/09/2020	120	144
30/09/2020	171	208
1/10/2020	144	175,68
2/10/2020	130	158
3/10/2020	160	195,2
4/10/2020	167	203
5/10/2020	153	186,33
6/10/2020	144	175
7/10/2020	85	104,02
8/10/2020	81	98
9/10/2020	135	164,7
10/10/2020	186	238
11/10/2020	151	183
12/10/2020	117	142,74
13/10/2020	44	90,89
14/10/2020	80	97
15/10/2020	74	90
16/10/2020	180	219
17/10/2020	90	109
18/10/2020	80	110
19/10/2020	171	208,62
20/10/2020	143	174

21/10/2020	285	347,7
22/10/2020	265	323,3
23/10/2020	127	154,94
PROMEDIO	129,8095238	159,1714286

ANEXO N°09. Registro fotográfico de puesta en marcha del diseño.

Anexo 9.1. Equipo terminado y listo para su traslado.



Anexo 9.2. Toma de temperatura a la salida del agua del enfriador.



Anexo 9.3. Toma de lectura de rotación del martillo hidráulico con e tacómetro (177 RPM).



Anexo 9.4. Toma de lectura de parámetros de voltaje, amperaje y frecuencia.



Anexo 9.5. Toma de lectura de la temperatura del tanque hidráulico con pirómetro digital.



Anexo 9.6. Toma de lectura de la temperatura del motor eléctrico de 440V.



Anexo 9.7. Toma de lecturas de parámetros de perforaciones en campo.



ANEXO N° 10. Instrumentos de investigación.


Parámetros de operación del equipo.

	Ficha de registro de datos de equipos de perforación.							
Datos generales								
Nombre de la empresa								
Nombre del equipo								
Instrucciones: Llenar con claridad y números legible los parámetros numéricos que indica para cada ítem.								
Parámetros	12/10/2020		13/10/2020		14/10/2020		15/10/2020	
	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N	G/D	G/N
Velocidad de penetración (m/seg)								
Presión de rotación (bar)								
Presión de avance (bar)								
Presión de percusión (bar)								
Temperatura de agua ingreso (°C)								
Temperatura de agua salida (°C)								
Temperatura de tanque hidráulico (°C)								
RPM								
Amperaje (A)								
Voltaje (V)								
Frecuencia (Hz)								

Equipos actualmente operando en la unidad minera

	Ficha de registro de equipos operando.					
Datos generales						
Nombre de la empresa						
Nombres de los equipos						
Instrucciones: Llenar con claridad y números legible los parámetros numéricos que indica para cada ítem.						
Equipos JH	M. total (mes)	Días trabajadas / mes	Guardias trabajadas	Metros / guardia	Horas / guardia	Rendimiento (mts / hora)
RESEFER 01						
RESEFER 02						
RESEFER 03						
RESEFER 04						
RESEFER 05						
RESEFER 06						
RESEFER 07						
Total Avance						

Ficha de observación de operación del equipo mediano.

	Ficha de observación de equipo mediano.	
Datos generales		
Nombre de la empresa		
Nombres de los equipos		
Instrucciones: Llenar con claridad y números legible los parámetros numéricos que indica para cada ítem.		
Fecha	Cantidad de barras	Productividad (mts)
20/11/2020		
21/11/2020		
22/11/2020		
23/11/2020		
24/11/2020		
25/11/2020		
26/11/2020		
27/11/2020		
28/11/2020		
29/11/2020		
30/11/2020		
01/12/2020		
02/12/2020		
03/12/2020		
04/12/2020		
05/12/2020		
06/12/2020		
07/12/2020		
08/12/2020		
09/12/2020		
10/12/2020		
PROMEDIO		

Ficha de reporte diario de perforación.

Datos generales

Nombre de la empresa

Nombres de los equipos

Instrucciones: Llenar con claridad y números legible los parámetros numéricos que indica para cada ítem.

Fecha	Turno	Operador	Labor	Mts. Perf. de 64 mm		Mts. Perf. Rimado 5´		Mts. Perf. de 64 mm		Mts. Perf. Kayser 3´		Total, m perf. TPM	Total, mts. Perf.V°B°
				Metros Reporte	Metros V°B°	Metros Reporte	Metros V°B°	Metros Reporte	Metros V°B°	Metros Reporte	Metros V°B°		
DD/MM	N												
	D												
DD/MM	N												
	D												
Total metros perforados por mes													
Guardias trabajadas.													
Promedio de horas trabajadas por guardia.													
Rendimiento por guardia (mts /guardia día).													
Rendimiento por hora (mts / hora).													

ANEXO N° 11. Juicio de expertos.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse una tabla por favor indique)
	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Cantidad ³		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
4							
Aspectos generales					Sí	No	
Los instrumentos contiene instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros.					X		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación.					X		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiera añadir ítems.					X		
VALIDEZ							
APLICABLE				X	NO APICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

¹ Corresponde al concepto teórico formulado de las variables y/o dimensiones.

² Los ítems están apropiados para representar los indicadores y variables.

³ No se encuentra ninguna dificultad para el llenado de los cuadros siendo conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

Apellidos y nombres: *CÁCERES CORDOVA JORGE*

Profesión: *INGENIERO MECANICO*

Especialidad: *MECANICO*


 JORGE LUIS
 CÁCERES CORDOVA
 INGENIERO MECÁNICO
 Reg. CIP N° 138683

Firma del experto.

C.I.P.: *138683*

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse una tabla por favor indique)
	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Cantidad ³		
	Si	No	Si	No	Si	No	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
4							
Aspectos generales					Si	No	
Los instrumentos contienen instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros.					X		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación.					X		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiera añadir ítems.					X		
VALIDEZ							
APLICABLE				X	NO APICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

¹ Corresponde al concepto teórico formulado de las variables y/o dimensiones.

² Los ítems están apropiados para representar los indicadores y variables.

³ No se encuentra ninguna dificultad para el llenado de los cuadros siendo conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

Apellidos y nombres: *Hernández Gonzalez Jhonny Raul*

Profesión: *Ing. Mecánico*

Especialidad: *Supervisor de Mantenimiento*



Firma del experto.

C.I.P.: *217506*

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIOS DE EVALUACIÓN						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse una tabla por favor indique)
	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Cantidad ³		
	Si	No	Si	No	Si	No	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
4							
Aspectos generales					Si	No	
Los instrumentos contiene instrucciones claras y precisas para el correcto llenado de parámetros.					X		
Los ítems permiten lograr la obtención de data importante para la investigación.					X		
Los ítems son suficientes para la recolección de información. En caso sea la respuesta negativa sugiera añadir ítems.					X		
VALIDEZ							
APLICABLE				X	NO APICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

¹ Corresponde al concepto teórico formulado de las variables y/o dimensiones.

² Los ítems están apropiados para representar los indicadores y variables.

³ No se encuentra ninguna dificultad para el llenado de los cuadros siendo conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

Apellidos y nombres: VILLALOBOS OLIVA MARCO ANTONIO

Profesión: INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Especialidad: INSPECTOR PREDICTIVO

Firma del experto.

C.I.P.:


MARCO ANTONIO VILLALOBOS OLIVA
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
Rag. CIP. N° 111868

ANEXO N° 12. Matriz de operacionalización de variables.

	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Variable Independiente	Diseño de perforadora electrohidráulica mediana.	Conjunto de pasos para realizar el dimensionamiento y selección de una perforadora electrohidráulica en función de las funciones a realizar (R. Castelo, 2010, pág. 43).	Determinación de parámetros de operación y dimensionamiento de componentes de perforadora hidráulica para roca minera	Diseño de equipo perforador.	Fichas de registros. Guía de observación. Estadística en Excel. Simulaciones en SolidWorks.	Razón
	Productividad de perforación.	El propósito de la mejorar de la productividad es aumentar la eficacia y eficiencia de la Organización para lograr los objetivos definidos en el Plan Estratégico que debería tener la empresa. (Gerens,2017)	Aumento de la velocidad de penetración en la perforación. Reducción en tiempos de perforación.	Producción del equipo	Ficha de registro. Guía de observación.	Razón
Variable dependiente	Indicadores económicos	Permiten cuantificar la garantía de la organización para ajustar costos y gastos y poderlos convertir en ventas de utilidad. (Conexionesan, 2020)	Método de valoración que permite medir si el proyecto será rentable para los inversionistas.	Costo/beneficio	VAN TIR ROI	Razón
	Construcción del equipo perforador.	Documento que contiene los requisitos de algún producto o materia prima, también llamada ficha técnica (Portal de inocuidad, 2017)	Ficha técnica de cada componente que comprende la maquina a diseñar, para luego tener su ficha técnica de este diseño.	Ficha técnica	Parámetros. Componentes. Dimensiones. Productividad.	Razón

ANEXO N° 13. Análisis estadístico.

Se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos de los parámetros del equipo electrohidráulico mediano tomados durante 27 días y los cuales se muestran en siguiente cuadro.

<i>Equipo mediano</i>	
Media	242.01
Error típico	1.56
Mediana	243.81
Moda	232.89
Desviación estándar	8.08
Varianza de la muestra	65.33
Curtosis	-1.39
Coficiente de asimetría	-0.05
Rango	24.26
Mínimo	230.46
Máximo	254.72
Suma	6534.23
Cuenta	27

Fuente: Elaboración propia.

En los datos obtenidos suman un avance de 6534.23 metros de productividad en un tiempo de 27 días con un mínimo de 230.46 por día y algunos días con un máximo de 254.72 por día.

En el cual indica que el promedio aritmético o media es de 242.01 metros de productividad diaria.

Cuenta con una mediana de 243.81, siendo esta el centro de los valores ordenados de manera ascendente por magnitudes.

Contiene una moda de 232.89, siendo este el valor que se repite mayormente en los parámetros obtenidos del equipo mediano.