



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TEMA:**

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE MAQUINARIA MINERA QUE TRANSFORME LA  
ENERGÍA MECÁNICA NO UTILIZADA EN ENERGÍA ELÉCTRICA.

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título  
de Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Julio Andrés Espinoza Velasco

Davis Johan Armijos Maldonado

**TUTOR:**

Ingeniero Néstor Marcelo Berrones Rivera, M. I. A.

Guayaquil-Ecuador

2023

# **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Julio Andrés Espinoza Velasco con cédula de ciudadanía No. 0926244286 y Davis Johan Armijos Maldonado con cédula de ciudadanía No. 0706796950 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

**Guayaquil, 20 de agosto del año 2023**

Atentamente,



**JULIO ANDRES ESPINOZA VELASCO**  
0926244286



**DAVIS JOHAN ARMIJOS MALDONADO**  
0706796950

# **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Julio Andrés Espinoza Velasco con cédula de ciudadanía No. 0926244286 y Davis Johan Armijos Maldonado con cédula de ciudadanía No. 0706796950 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo Experimental: "Diseño de un prototipo de maquinaria minera que transforme la energía mecánica no utilizada a eléctrica", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 20 de agosto del año 2023

Atentamente,



**JULIO ANDRES ESPINOZA VELASCO**  
0926244286



**DAVIS JOHAN ARMIJOS MALDONADO**  
0706796950

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Néstor Marcelo Berrones Rivera con cédula de ciudadanía No. 0914078290 docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación "Diseño de un prototipo de maquinaria minera que transforme la energía mecánica no utilizada a eléctrica", realizado por Julio Andrés Espinoza Velasco con cédula ciudadanía No. 0926244286 y por Davis Johan Armijos Maldonado con cédula ciudadanía No. 0706796950, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de trabajo de experimentación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 20 de agosto del año 2023

Atentamente,



---

Néstor Marcelo Berrones Rivera

0914078290

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios porque es en él donde encontramos la fuerza y la paz para continuar en esta aventura de vivir.

A mis padres, A mi madre que siempre aceptó mis errores sin juzgarme, sin importarle que tan grave fuese, mi gran cómplice y mi ejemplo a seguir. A ella que, cuando quise renunciar a todo, me abrazaba y sanaba lo que sea. Ella merece todo de mí y espero lograr ser al menos la mitad de increíble de lo que es ella.

A mi padre, hombre de carácter fuerte y palabras duras, que solo con el pasar de los años comprendí. A él que siempre buscaba la forma de motivarme, siempre a su manera, formando hijos de valor y hombres que puedan luchar contra todo.

**JULIO ESPINOZA VELASCO**

La presente tesis quiero dedicarla a mi padre José Hernán Armijos Pillajo quien me hubiera gustado que esté presente para que vea que su hijo ya creció y está cumpliendo sus metas pero sé que desde el Cielo está mirando y espero esté orgulloso de mi tanto como yo lo estoy de él porque a pesar de que su presencia terrenal no está su presencia espiritual, todos sus consejos y enseñanzas siguen intactos, su sonrisa y su carisma viven en mi mente todos los días y esa es la fuerza que me brinda para no rendirme jamás.

A mi madre Janina Maldonado por ser mi motor y mi fuente de inspiración al por darme todo su apoyo y acompañarme en este proceso, alentándome todos los días y esperándome cada día con un abrazo al llegar a casa, Mujer valiente que lucha todos los días por sacarnos adelante, que al momento de ayudar jamás tiene un NO por respuesta y contagia su amor y alegría hacia los demás.

**DAVIS JOHAN ARMIJOS MALDONADO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por rodearme de personas que han sido pilares fundamentales para yo llegar a este punto importante de mi vida, familia y amigos, amigos que se volvieron hermanos y hermanas a lo largo de este camino.

A mi madre por siempre estar ahí empujándome y ser una maravillosa luz en mi vida, a Mariana Mero, Enrique Romero y Mateo Maldonado por estar siempre ahí, por ser personas de altísimo valor, amigos que todos necesitamos en nuestra vida. Muchísimas gracias por escucharme y siempre motivarme.

A la Ingeniera Carmen Palacios, persona de principios bien puestos. Gracias por querernos a todos como si fuésemos sus hijos, aconsejándonos y llamándonos la atención cuando lo merecemos.

Al Ingeniero Berrones y al Ingeniero Ordoñez por siempre ayudarnos en todo momento, siempre con buena predisposición y una gran sonrisa. Que lujo tan grande es haber recibido tanto conocimiento de ustedes y por las alianzas que se formaron y seguiremos formando a lo largo de la vida. Personas que espero nunca perder.

Muchísimas gracias a todos por tanto y disculpen por tan poco.

**JULIO ESPINOZA VELASCO**

Expreso mi agradecimiento primero que todo a Dios por darme vida, salud, la sabiduría para llevar adelante cada uno de mis proyectos y principalmente por bendecirme con una familia espectacular y los maravillosos Padres que me otorgo, José Hernán Armijos Pillajo (+) y Janina Magdalena Maldonado Suarez quienes me han inculcado valores, amor y me han sabido guiar enseñándome que la vida no siempre se trata de ganar pero si de dar siempre lo mejor de ti, que desde pequeño me llenaron de consejos y enseñanzas pero sobre todo a ser un persona de bien. Que a pesar de no tener todo calculado ni una vida resuelta siempre tengo una sonrisa y espero una de vuelta.

A mis Hermanos Dennys Hernán Armijos Maldonado y Evelyn Yanina Armijos Maldonado que siempre han estado ahí para mi dándome su hombro sin importar fecha ni hora, ayudándome a tomar las mejores decisiones siempre y corrigiéndome si hago algo que no esté bien dejándome saber que puedo contar con ellos para todo y siempre van a estar ahí para mí. A mi familia les debo todo ya que desde el día 1 me alentaron a salir adelante y jamás me hicieron sentir que estaba solo en esta etapa de mi vida.

A todos los docentes que forman parte de la carrera de Ingeniería Ambiental que supieron como instruirme y compartieron todas sus enseñanzas hacia mi persona y especialmente al Ingeniero Virgilio Ordoñez, a la Ingeniera Carmen Palacios que más que una directora de Carrera ha sido como una madre para mi dentro de la Universidad ya que se dedicó al 100% a brindarnos su apoyo incondicional y contagiarnos de ese amor hacia la carrera.



A mi tutor Ing. Néstor Marcelo Berrones. Quien ha sido pieza fundamental dentro de este proceso guiándome pacientemente, compartiéndome sus enseñanzas y mostrándome su apoyo total para sacar adelante este proyecto.

**DAVIS JOHAN ARMIJOS MALDONADO**

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación se da lugar basado en las necesidades de la Sociedad Minera “EL DORADO”, en el cantón Camilo Ponce Enríquez, en la provincia del Azuay – Ecuador, que tiene como actividad principal la obtención de oro.

Para la obtención de este mineral se realiza una serie de procesos donde intervienen máquinas fuertes para soportar el choque con las piedras extraídas de los túneles, estas máquinas necesitan de motores de gran potencia para realizar su trabajo a tiempo completo. Sin embargo, realizando una visita técnica donde se nos dio una charla del proceso, pudimos darnos cuenta de que las máquinas tienen fugas energéticas ya que los motores, de gran potencia, generan una alta cantidad de revoluciones por minutos (rpm) más lo que realmente utiliza es muy poco.

Una de estas máquinas que tienen una gran fuga energética que podría ser aprovechada es el Molino Chileno, que es una máquina grande y robusta que trabaja 24 horas todos los días triturando piedras, el motor que utiliza este molino produce 1750 revoluciones por minuto (rpm) pero utiliza solo 19 rpm, lo que nos deja 1731 rpm que es una diferencia enorme que puede ser aprovechada.

En términos de energía y potencia el motor del molino produce 304693.34 J de energía y 5078.22 W de potencia y solo emplea 29857.07 J y 497.62W, dejándonos una enorme cantidad de energía y potencia que puede ser aprovechada.

Se aplicaron principios matemáticos para demostrar que es posible utilizar la energía cinética rotacional y la potencia que no es aprovechada para generar energía eléctrica.

**Palabras claves:** Molino chileno, energía mecánica, energía eléctrica.

## Abstract

This titling project is carried out based on the needs of the "EL DORADO" Mining Society, in the Camilo Ponce Enríquez canton, in the province of Azuay - Ecuador, whose main activity is obtaining gold.

To obtain this mineral, a series of processes are carried out where strong machines are involved to withstand the impact with the stones extracted from the tunnels. These machines need high-powered motors to carry out their work full time. However, making a technical visit where we were given a talk about the process, we were able to realize that the machines have energy leaks since the motors, of great power, generate a high number of revolutions per minute (rpm) more than what they really use very little.

One of these machines that have a large energy leak that could be used is the Chilean Mill, which is a large and robust machine that works 24 hours every day crushing stones, the motor used by this mill produces 1750 revolutions per minute (rpm). but it uses only 19 rpm, which leaves us with 1731 rpm, which is a huge difference that can be exploited.

In terms of energy and power, the mill motor produces 304693.34 J of energy and 5078.22 W of power and only uses 29857.07 J and 497.62W, leaving us with an enormous amount of energy and power that can be harnessed.

We seek to make use of mathematical principles to demonstrate that it is possible to use rotational kinetic energy and the power that is not used to generate electrical energy.

**Keys words:** Chilean Mill, electrical energy, mechanical energy.

## Indice

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VII
RESUMEN .....	X
Abstract .....	XI
INDICE DE FIGURAS .....	6
INDICE DE TABLAS .....	7
CAPÍTULO I.....	8
1 INTRODUCCIÓN .....	8
1.1 PROBLEMA.....	13
1.1.1 Antecedente .....	13
1.1.2 Importancia y Alcance .....	13
1.1.3 Mostrar la importancia y generalidad del problema para los sectores .....	14
1.2 Delimitación.....	15
1.3 OBJETIVOS .....	16
1.3.1 Objetivo General.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16

1.4	HIPÓTESIS .....	17
1.4.1	Hipótesis general.....	17
1.4.2	Hipótesis específicas .....	17
CAPÍTULO II.....		18
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	18
2.1	MARCO TEÓRICO .....	18
2.1.2	Molino Chileno .....	18
2.1.4	Latinoamérica.....	19
2.1.5	Industria Minera.....	19
2.1.6	Energía Mecánica.....	20
2.1.7	Energía Cinética.....	20
2.1.8	Energía cinética de traslación .....	21
2.1.9	Energía Rotacional .....	21
2.1.10	Energía cinética de rotación .....	22
2.1.11	Momento de Inercia (I) .....	22
2.1.12	Potencia (W) .....	23
2.1.13	Energía eléctrica.....	23
2.1.14	Tipos de energía eléctrica.....	23
2.1.15	Cómo se produce la energía eléctrica .....	24
2.1.16	Ventajas y desventajas de la electricidad.....	24
2.1.17	Transformación de energía mecánica en eléctrica .....	25
2.1.18	Generador eléctrico .....	25

2.1.19	Principio de funcionamiento de un generador eléctrico .....	25
2.1.20	Alternador .....	26
2.1.2.1	Almacenamiento de energía .....	27
2.1.2.2	Almacenadores de energía.....	27
2.1.2.4	Batería.....	28
2.1.2.5	¿Cómo funciona una batería? .....	28
2.2	MARCO LEGAL.....	29
CAPÍTULO III .....		34
3	Metodología.....	34
3.1	Metodología aplicada al proyecto.....	34
3.2	Visita de reconocimiento .....	34
3.3	Análisis de conveniencia de maquinaria.....	34
3.4	Ecuaciones matemáticas empleadas .....	35
3.5	Decremento de RPM en el Molino Chileno .....	36
3.6	Decremento de energía en el Molino Chileno .....	36
3.7	Escala de evaluación .....	36
3.8	Criterios de Evaluación .....	37
3.9	Diseño de la propuesta .....	38
3.10	Presentación de propuesta .....	38
CAPITULO IV .....		40
4	Resultados.....	40
4.1	Resultado del Análisis de conveniencia de la maquinaria.....	40

4.2	Tabla y gráfica de revoluciones por minutos empleadas en el Molino Chileno .....	40
4.3	Tabla y gráfica de revoluciones por minutos empleadas .....	41
4.4	Cálculo de producción de energía mecánica del motor del Molino Chileno .....	42
4.4.1	Datos del motor.....	42
4.4.2	Obtención de la velocidad angular .....	42
4.4.3	Obtención de la Inercia rotacional.....	42
4.4.4	Obtención de la Energía cinética rotacional .....	43
4.5	Cálculo de energía mecánica empleada por el Molino Chileno .....	43
4.5.1	Datos de la polea mayor .....	43
4.5.2	Obtención de la velocidad angular .....	43
4.5.3	Obtención de la inercia rotacional.....	43
4.5.4	Obtención de la Energía cinética rotacional utilizada.....	44
4.6	Determinación de diferencia de energía entre lo producido y lo empleado.....	44
4.7	Potencia producida por el motor del molino chileno .....	44
4.8	Potencia empleada por el molino chileno .....	44
4.9	Determinación de diferencia de potencia producida y empleada .....	45
4.10	Potencia no aprovechada anualmente.....	45
4.11	Potencia total aproximada en el área de molienda .....	45
4.12	Validación de cálculos realizados.....	45
4.13	Diseño de la propuesta .....	46
4.14	Tabla de artefactos eléctricos que pueden ser abastecidos .....	46
4.14.1	Diseño molino operación normal .....	48

4.14.2	Diseño molino operación modificada.....	49
4.15	Propuesta de Plan de Acción.....	49
CAPÍTULO V .....		51
5	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN.....	51
5.4	Conclusión .....	51
5.5	Recomendación.....	52
BIBLIOGRAFÍA .....		53
Anexos Fotos de Visita de reconocimiento .....		57
Anexo 2 Inventario de Máquinas candidatas para realización de proyecto.....		60
Anexo 3 fotos de Máquinas candidatas para realización del proyecto.....		61
Anexo 4 Tabla de análisis conveniencia de maquinaria para realización del proyecto experimental .....		63
Anexo 5 Fotos de mediciones eléctricas en molino chileno .....		64
Anexo 6 Certificado emitido por Ingeniero Eléctrico, docente de Universidad Politécnica Salesiana.....		65
Anexo 7 Diseño en AutoCAD de Molino Chileno modificado .....		66
Anexo 8 Tabla de consumo básico de electrodomésticos .....		67
Anexo 9 Plan de acción firmado por el administrador de la sociedad minera “EL DORADO” .....		68



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Porcentaje de generación de energía eléctrica en el Ecuador año 2022.....	9
<b>Figura 2</b> Molino Chileno antiguo impulsado por fuerza animal .....	18
<b>Figura 3</b> Tipo de Molino Chileno moderno.....	19
<b>Figura 4</b> Molino Chileno empleado en la Sociedad Minera EL DORADO .....	20
<b>Figura 5</b> Partes de un generador eléctrico .....	25
<b>Figura 6</b> El rotor de un alternador .....	27
<b>Figura 7</b> El estator del alternador .....	27
<b>Figura 8</b> Rectificador o placa rectificadora .....	27
<b>Figura 9</b> Decremento de las revoluciones por minutos en el funcionamiento del Molino Chileno .....	41
<b>Figura 10</b> Variaciones de energía en el funcionamiento del Molino Chileno .....	42
<b>Figura 11</b> Molino Chileno funcionando con motor reductor .....	48
<b>Figura 12</b> Molino Chileno funcionando con alternador.....	49
<b>Figura 13</b> TOLVA.....	61
<b>Figura 14</b> MAQUINA DE CIANURACION.....	61
<b>Figura 15</b> MOLINO CHILENO .....	62

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2</b> Delimitación de la SOCIEDAD MINERA "EL DORADO" .....	15
<b>Tabla 3</b> Análisis de conveniencia de maquinaria.....	35
<b>Tabla 4</b> Ecuaciones matemáticas empleadas .....	35
<b>Tabla 5</b> Revoluciones por minuto de las partes del Molino Chileno.....	36
<b>Tabla 6</b> Cantidad de energía empleada en cada parte del Molino Chileno .....	36
<b>Tabla 7</b> Escala de Evaluación.....	37
<b>Tabla 8</b> Criterios de Evaluación .....	37
<b>Tabla 9</b> Formato de Plan de acción .....	39
<b>Tabla 10</b> Resultado del Análisis de conveniencia de la maquinaria.....	40
<b>Tabla 11</b> Revoluciones por minuto de las partes del Molino Chileno .....	40
<b>Tabla 12</b> Cantidad de energía empleada en cada parte del Molino Chileno .....	41
<b>Tabla 13</b> Resultados de Criterios de Evaluación .....	46
<b>Tabla 14</b> Potencia requerida por artefactos eléctricos básicos .....	47
<b>Tabla 15</b> Plan de Acción.....	50

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN

En 1831 en el Reino Unido fue creado el generador eléctrico por Michael Faraday. El descubrió que moviendo un imán dentro de una bobina hecha de alambre de cobre puede generar una pequeña corriente de electricidad, así se pudo aprovechar el movimiento mecánico para la obtención de energía eléctrica. A nivel mundial se ha convertido en parte fundamental en la infraestructura moderna donde se aplica en casi todas las áreas industriales. (Van Beek, 2023).

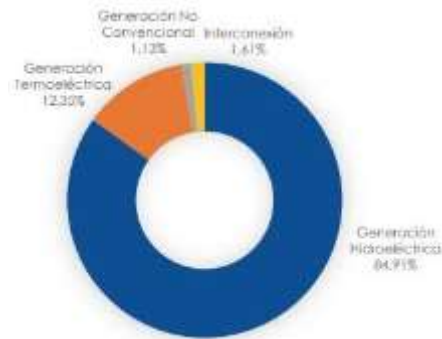
La transformación de Energía mecánica a eléctrica es aplicada en muchas áreas y de diferentes maneras por ejemplo existe la Energía Undimotriz, Energía eólica y Energía Hidráulica en la cual es necesario el movimiento mecánico para la producción electricidad.

En Brasil y Paraguay se encuentra la hidroeléctrica más extensa del mundo, localizada en el río Paraná Itaipù en la cual se demuestra la transformación de energía mecánica, al moverse las turbinas por el flujo de agua, obteniendo así una producción eléctrica de 75 millones de MWh anualmente. (USGS, 2019).

En Ecuador se dio por primera vez la producción de electricidad a partir de la mecánica en la construcción de la hidroeléctrica situada en Pucara en el año 1977 y en el año 2007 se dio el primer parque eólico del país ubicado en el archipiélago de las Galápagos, (CELEP EP, 2018).

El porcentaje de producción de la generación hidroeléctrica del país es de un 84,91% correspondiendo a 24.512,86 GWh del total de energía bruta en el año 2022 (OPERADOR NACIONAL DE ELECTRICIDAD, 2021).

**Figura 1** Porcentaje de generación de energía eléctrica en el Ecuador año 2022.



**Fuente:** Informe Anual 2022 CENACE – Operador nacional de electricidad

En el sector industrial tenemos el ejemplo de la Azucarera “Ingenio San Carlos” la cual en el 2005 se posiciona como primera empresa en el Ecuador en utilizar la molienda de biomasa para generar electricidad de esta manera permite utilizar el bagazo resultante del proceso donde se realiza la molienda de caña de azúcar para transformarla a energía eléctrica y así disminuir su demanda de consumo eléctrico haciendo uso del 30% para su empresa y el 70% se entrega a la red del sistema nacional interconectado (San Carlos, 2023).

En el sector minero se han implementado diversas formas de generar energía de manera limpia como, por ejemplo: La Energía fotovoltaica, Energía eólica, Paneles solares e Hidráulica (Prensa EC, 2022).

Por otro lado, la minería en el Ecuador tiene sus inicios aproximadamente 3500 A.C. con la cultura Valdivia donde se empezó con la obtención de arcilla para la fabricación de cerámicas. Cultura como la Tolita se enfoca en trabajos usando metales pesados y técnicas de obtención de estos como lo son EL ORO, EL COBRE y LA PLATA.

En tiempos del Tahuantinsuyo se utilizaron el oro, la plata, el cobre, las piedras preciosas y obsidiana. En los años 1500 se encuentran por primera vez en sus colinas y ríos vetas de oro, dejando como las zonas de mayor productividad a Zaruma y Portovelo con su auge minero desde el siglo XVII hasta la actualidad.

Las actividades mineras a nivel nacional representan el 3,7% del producto interno bruto de Ecuador (PIB). El valor total de la exportación de minerales es de aproximadamente \$2.800 millones y el pago de impuestos, por esta exportación, es de casi \$600 millones.

En la provincia del Azuay existen 83 concesiones de pequeña minería, una de las principales concesiones es La sociedad minera Liga de Oro ubicada en Camilo Ponce Enríquez. Esta mina procesa aproximadamente 240 toneladas de mineral que se extraen diariamente, generando casi 30 kilogramos de oro mensualmente que es exportado en su mayoría a Estados Unidos.

El material seleccionado es recolectado en pequeños carros mineros conocidos como Burras para que este sea almacenado en Tolvas de recolección luego de esto el material se traslada a los molinos chilenos para su trituración hasta que se forme una especie de arena que es recogida y llevada para su proceso.

Esta arena se la funde con ácido nítrico para separar el Oro de la arena y este mineral se calientan en un horno especial, el cual debe ajustarse a una temperatura de 1064°C, siendo esta la temperatura de fusión del oro. Luego de esto se vierte el oro en un molde comúnmente en barras de 1kg para ver el peso del material obtenido para luego realizar su comercialización.

En el contexto de Ecuador, como se indica en el Plan de Desarrollo Minero 2020-2030, el ámbito de la minería artesanal y de pequeña escala se sitúa predominantemente en las provincias de Azuay, El Oro y Zamora Chinchipe. El Instituto de Investigaciones Geológicas y Energéticas (IIGE), a través del proyecto "Mejoramiento de las Condiciones de Trabajo en la Minería Artesanal y de Pequeña Escala", ha venido recopilando meticulosamente datos relativos al panorama energético de este sector. A través de estos esfuerzos, se ha establecido que cada planta de beneficio de mineral formula sus procedimientos operativos en consonancia con las consideraciones regionales y los servicios prestados.

Sin embargo, el factor común de todas ellas es el uso de maquinaria caracterizada por un importante consumo energético, sobre todo de electricidad. A partir de los datos recopilados, se ha observado que, en los procesos de beneficio, los principales consumidores de energía eléctrica son los molinos de bolas. Esta categoría de equipos representa una parte sustancial, que oscila entre el 20% y el 40%, del gasto energético total.

Este porcentaje fluctúa en función de la cantidad de molinos integrados en cada empresa. Además, hay que señalar que la demanda de energía aumenta en las plantas equipadas tanto con molinos de bolas como con molinos de ruedas. Este consumo registra un espectro que va de 1579,7 kW a 600 kW. En particular, el coste atribuido al consumo eléctrico en las plantas de beneficio del mineral puede ascender a una suma mensual de hasta 60.000 USD, dependiendo del conjunto de maquinaria instalado. La cúspide de los costes energéticos puede atribuirse a ciertos establecimientos que albergan siete u ocho molinos de bolas, empleados para la reducción del tamaño del mineral.

Sin embargo, dentro del tejido operativo de estas plantas de beneficio, se ha manifestado una serie de desafíos: sistemas de energía eléctrica sobredimensionados, accesibilidad limitada a las subestaciones eléctricas y al Sistema Interconectado Nacional, sistemas de procesamiento de minerales de bajo rendimiento, consumo elevado tanto de agua como de electricidad, falta de mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria, y mecanismos de arranque inadecuados para el funcionamiento de los equipos.

En consecuencia, resulta evidente que la exploración exhaustiva y la aplicación de acciones correctivas basadas en la eficiencia energética son de suma importancia en todo el ciclo minero. Estas medidas pueden reducir los gastos operativos, aumentar la productividad y, al mismo tiempo, generar beneficios medioambientales como la reducción de gases de efecto invernadero emitidos. A la luz de estas circunstancias subyacentes, surge el oportuno imperativo de formular un proyecto de eficiencia energética adaptado al sector minero, con especial atención al beneficio del oro.

Este esfuerzo abarcaría la formulación y el establecimiento de una gama de estrategias para optimizar la utilización de la energía dentro de cada proceso de alto consumo energético. Un componente inherente a esta empresa sería la elaboración de estudios para minimizar las pérdidas y el fomento de un intercambio simbiótico de tecnología y conocimientos entre las instituciones estatales y el sector privado (PETROENERGIA, 2021).

## **1.1 PROBLEMA**

### **1.1.1 Antecedente**

El sector minero es uno de los que más impacto tiene en el ambiente y así mismo es uno de los que más ingresos genera, sin embargo, tener en marcha una empresa minera implica tener maquinaria necesaria y eficiente, que sea robusta y pesada para que pueda cumplir con los requerimientos de la extracción del mineral deseado.

Esta variedad de máquinas con diferentes objetivos específicos trabaja a tiempo completo, sumado a la fuerza que deben tener, hacen que la empresa tenga una demanda de energía eléctrica muy grande que se ve reflejada en las planillas de consumo eléctrico.

La empresa tiene muchas maquinarias de gran tamaño y fuerza que demandan una gran cantidad de energía eléctrica pero así mismo producen una enorme cantidad de energía mecánica que no es aprovechada de ninguna manera.

Después de haber hecho un recorrido por las instalaciones de la mina, descubrimos y nos corroboraron que el Molino Chileno es la máquina que mayor energía consume puesto que trabaja 24 horas, los siete días de la semana y su función es la de triturar piedra por lo que debe ser una máquina muy robusta y fuerte.

El Molino Chileno cuenta con un motor que trabaja con 440V para generar 30 HP de potencia y 304.693,34 J de energía mecánica a través de un eje que hace mover la polea principal de 119.38 cm, que mueve las ruedas del molino, consumiendo 29.857,07J de energía mecánica. Dejándonos una diferencia de energía mecánica de 274.836,27 J que puede ser aprovechada.

### **1.1.2 Importancia y Alcance**

Nuestro proyecto tiene como modelo industrial a la “LA SOCIEDAD MINERA EL DORADO” donde se realizó varias visitas técnicas y se realizó un recorrido para conocer cada área de las



instalaciones, los diferentes procesos que se realizan desde la molienda hasta la obtención del mineral deseado.

La Sociedad Minera EL DORADO se encuentra establecida en el cantón Camilo Ponce Enríquez al oeste de la Provincia del Azuay, levantándose sobre la extensa llanura costera de esta provincia, limita al norte con las ciudades de Cuenca y Naranjal, al sur con los cantones El Guabo y Pucará y al este con los cantones Santa Isabel y Cuenca.

Una vez realizada la visita y luego de una charla con los administradores del lugar llegamos a la conclusión que el área que demanda mayor energía es en el área de molienda ya que cuentan con maquinaria más robustas.

En la parte de molienda encontramos diez Molinos Chilenos que trituran las piedras que contienen el mineral deseado, cada uno cuenta con un motor bastante fuerte que hace que suba considerablemente el consumo de energía.

Nuestro proyecto busca generar energía eléctrica a partir de la energía mecánica que tiene el motor de cada molino, que actualmente no está siendo aprovechado.

### **1.1.3 Mostrar la importancia y generalidad del problema para los sectores**

Este tipo de proyectos tiene un alto impacto positivo en el sector minero ya que puede plantear un primer paso de un proyecto mucho más investigativo que busque reducir el consumo de la red pública.

Sin embargo, no solo el sector minero puede ser el único beneficiado si no toda industria que tenga pérdidas energéticas que pueden ser aprovechadas.

## 1.2 Delimitación

**Tabla 1** *Delimitación de la SOCIEDAD MINERA "EL DORADO"*

<b>Geográfica:</b>	<b>Ecuador – Cantón Camilo Ponce Enríquez</b>
<b>Espacial:</b>	17M 642794.50m E – 9661259.56m S
<b>Temporal:</b>	16 semanas
<b>Sectorial:</b>	Concesión “Bella Rica”
<b>Institucionalmente:</b>	Sociedad Minera EL DORADO

**Elaboración:** (Autores,2023)

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar un prototipo de una máquina minera que aproveche la energía mecánica perdida mediante la utilización de un generador eléctrico para producir electricidad, almacenarla y posteriormente dar uso.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar que máquina es la más adecuada realizando una evaluación, apoyada en las características físicas para obtener una mayor generación de energía mecánica que puede ser aprovechada.
- Diseñar un modelo en AutoCAD a escala de un Molino Chileno tomando en cuenta la información recopilada para obtener resultados de pruebas realizadas en operación normal y en operación modificada.
- Realizar un análisis comparativo tomando los resultados de las pruebas realizadas en operación normal y en operación modificada para encontrar la diferencia y determinar ventajas y desventajas del aprovechamiento de la energía mecánica.
- Proponer un plan de acción y sus costos aproximados basado en el análisis realizado a los resultados obtenidos para la implementación de esta metodología de aprovechamiento de energía mecánica en la empresa.

## **1.4 HIPÓTESIS**

### **1.4.1 Hipótesis general**

Es posible generar electricidad a través del aprovechamiento de energía mecánica perdida en la operación del modelo a escala del Molino Chileno.

### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- El Molino Chileno es la máquina más adecuada basada en las características físicas, tiempo de trabajo y cantidad de energía mecánica perdida en su operación.
- El diseñar un modelo a escala del molino chileno permitirá recopilar información de datos en operación normal y modificada.
- El análisis comparativo permitirá obtener ventajas y desventajas del aprovechamiento de energía mecánica para producir electricidad.

## CAPÍTULO II

### 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1 MARCO TEÓRICO

##### 2.1.2 Molino Chileno

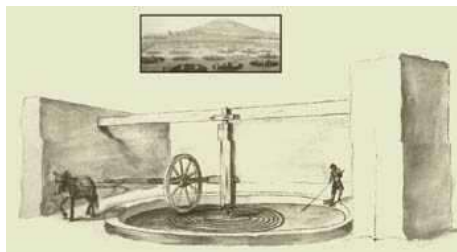
El molino es una máquina que fue utilizada durante la fiebre del oro de Victoria, las primeras maquinas fueron construidas en victoria, localizado en Australia. Durante este periodo esta maquinaria se empleó para extraer oro.

En la antigüedad esta máquina no era construida en metal si no que era una rueda de piedra atada a un brazo de madera y este a su vez ensamblado en un eje de madera igual, la forma en la que se movía este molino era por la fuerza de animales de carga.

A inicios del siglo XIX en Chile existían alrededor de 165 minas, distribuidos en diferentes metales como el oro, la plata, el cobre y mercurio, la mayor cantidad de minas se dedicaban a la extracción del oro. la principal forma de obtención del mineral era en pepitas y las obtenían en los lavaderos y la segunda forma de obtención era en vetas de cuarzo y por amalgamación por mercurio, para esto empleaban la molienda en el trapiche

(Minería en Chile, s.f.).

**Figura 2** *Molino Chileno antiguo impulsado por fuerza animal*



**Fuente:** Minería en Chile

### 2.1.3 Principio de Funcionamiento

Esta máquina se compone por dos ruedas, que también se los conoce como rodillos giratorios que giraban sobre una bandeja llena del material destinado a la molienda, el objetivo es que las ruedas rompan el material para obtener el producto deseado, de modo que se pueda tratar mucha materia prima a la vez.

**Figura 3** Tipo de Molino Chileno moderno



**Fuente:** Minería en Chile

### 2.1.4 Latinoamérica

El molino chileno, conocido en Chile como “Trapiche, todavía se utiliza en la minería artesanal de oro en las montañas de los Andes. El molino a veces tiene dos ruedas accionadas por una correa unida a un motor, o a una sola rueda accionada por mulas, bueyes u otros animales de carga.

### 2.1.5 Industria Minera

El molino chileno en la actualidad es una máquina grande, fuerte y pesada que está compuesta por tres ruedas que son las que trituran las piedras que contienen el mineral deseado, es capaz de triturar una tonelada por hora. El material triturado se descarga y se emplea en otros procesos de recuperación (Ejemplo: recuperación de oro fino) (SCRIBD, 2019).

**Figura 4** Molino Chileno empleado en la Sociedad Minera EL DORADO



**Fuente:** Elaborada por autores

### **2.1.6 Energía Mecánica**

En toda la física existen ramas que abarcan diferentes temas, una de esas ramas es la que estudia el movimiento y el reposo de un cuerpo y como va evolucionando en el tiempo. Las energías que pueden actuar sobre un cuerpo son la energía cinética, si está en movimiento, y la energía potencial, si está en reposo. (FISICALAB, 2023)

La energía mecánica es la suma de la energía potencial y la energía cinética de un cuerpo.

$$E_m = E_c + E_p$$

### **2.1.7 Energía Cinética**

La energía cinética de un cuerpo es la energía que proviene de su movimiento, se entiende como la capacidad o el trabajo que hace que un objeto pase de un estado de reposo a moverse a una velocidad determinada.

La energía cinética, al ser una energía causada por el movimiento, es equivalente a cero siempre que el cuerpo se mantenga en reposo, e ira aumentando a medida que el cuerpo vaya dejando el reposo e incremente su aceleración. Para que deje el estado de movimiento tendrá que recibir la misma cantidad de energía, pero en sentido contrario y así alcanzar el estado de reposo nuevamente.

Existen dos tipos de energía cinética, la energía cinética de traslación y la de rotación.

- La energía cinética de traslación es la que describe una trayectoria lineal por parte del cuerpo en movimiento.
- La energía cinética de rotación es aquella en la que el cuerpo gira en si mismo, como girando en su propio eje.

### **2.1.8 Energía cinética de traslación**

Para calcular la energía cinética de traslación de un cuerpo dependeremos de su masa en kilogramos (Kg) y de su velocidad medida en metros por segundo (m/s) dándonos la siguiente ecuación matemática. (Universidad Internacional de Valencia , 2018)

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

### **2.1.9 Energía Rotacional**

La energía de rotación es uno de los componentes de la energía cinética y proviene de la rotación de un cuerpo. Esta energía se produce cuando cualquier forma de materia gira alrededor de un centro de rotación. Así mismo esta se puede convertir en otras formas de energía, por lo general, energía de traslación y calorífica.

Existen muchas analogías entre la energía cinética rotacional y la energía cinética lineal, los sistemas rotacionales tienen una velocidad angular en lugar de una velocidad lineal. La velocidad angular se mide en radianes por segundo, lo que equivale a unos 57.3 grados por segundo. Tanto el alto momento de inercia como la alta velocidad angular corresponden a una alta energía de rotación. De acuerdo con la ley de conservación de la energía, se puede obtener la misma cantidad de energía rotacional reduciendo el momento de inercia de un sistema mientras aumenta la velocidad angular (Spiegato, 2023).



### 2.1.10 Energía cinética de rotación

Si se desea calcular cual sería la cantidad de energía cinética de rotación que posee un cuerpo que está girando sobre su propio eje se debe tener en cuenta otros factores diferentes como:

- La frecuencia ( $f$ )
- La velocidad angular ( $w$ )
- El radio( $r$ )
- El periodo( $T$ )

$$v = w * r$$

$$w = \frac{2\pi}{T} = 2 * \pi * f$$

Dando como resultado la siguiente ecuación matemática final de energía cinética de rotación:

$$E_r = \frac{1}{2} m w^2 r^2$$

Sin embargo, es posible determinar la cantidad de energía cinética rotacional desde la inercia rotacional.

Siempre que hablemos de un cuerpo en rotación en donde su masa este concentrada en un único punto, o sea el centro, se puede utilizar el momento de inercia como equivalente a su masa(StudySmarter, 2020).

### 2.1.11 Momento de Inercia (I)

Es el aguante o resistencia que posee un cuerpo u objeto a moverse de forma rotacional y es medido en  $Kg * m^2$

Ecuación:

$$I = m * r^2$$

Reemplazando en la ecuación anterior tendremos que:

$$E_r = \frac{1}{2} m\omega^2 r^2 = \frac{1}{2} I\omega^2$$

### 2.1.12 Potencia (W)

La Potencia se denomina la energía sobre el tiempo (Joule/segundo), es decir que tan rápido se consume o se administra energía, se mide en: (Lifeder, 2021)

- Caballos de vapor (CV)
- Btu/hora
- Pie. libra/segundo
- Caballo de potencia (hp)
- Calorías / segundo

$$P_0 = E_{c_0} / t$$

### 2.1.13 Energía eléctrica

La energía eléctrica es el resultado de la interacción entre dos o más puntos que tienen diferentes cargas, es decir es una diferencia de potencial, al poner en contacto estos puntos a través de un conductor eléctrico, se produce una corriente eléctrica que es la que se convierte en electricidad y así pueda ser usada en los domicilios y en nuestra vida en general.

### 2.1.14 Tipos de energía eléctrica

La Energía eléctrica cuenta con algunos tipos:

#### **Estática**

La energía electrostática se produce al tener un par de materiales que tengan carga neutra, en contacto, al referirnos como carga neutra decimos que ambos poseen la misma cantidad de protones que electrones. Este equilibrio al que llegan genera un campo electrostático.

### **Dinámica:**

Al decir dinámica nos referimos a que hay un flujo, de electrones, que es constante producido o generado por una fuente eléctrica fija.

#### **2.1.15 Cómo se produce la energía eléctrica**

La producción de electricidad se da cuando un material conductor se mueve dentro de un campo magnético, este es el ejemplo de las centrales hidroeléctricas, la fuerza del caudal empleado mueve unas turbinas que a su vez mueven un eje que llega al generador de energía eléctrica. Dentro de este generador existe un rotor y un estator que son los que producen electricidad para luego ser almacenada y finalmente distribuida en la red pública.

#### **2.1.16 Ventajas y desventajas de la electricidad.**

La implementación de la electricidad marcó un inicio que dio lugar a la sociedad moderna, impulsando las industrias y el desarrollo tecnológico. La vida hoy en día fuera imposible sin los beneficios del uso de la electricidad, este uso de energía eléctrica tiene ventajas y desventajas:

##### Ventajas

- Es de gran potencia y velocidad.
- Es fácil de usar.
- Puede almacenarse por largos periodos de tiempo.
- No es costoso utilizarla.

##### Desventajas

- Es costoso producirla.
- Producirla conlleva un alto impacto ambiental.
- Peligroso al contacto con los seres vivos.

- Pueden producir incendios.

Debido a la gran desventaja de la energía eléctrica cada vez es mayor la demanda por energías verdes que provengan de fuentes renovables, como el viento o la radiación solar (Ecología verde , 2020).

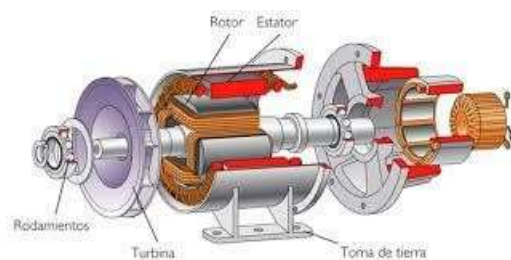
### **2.1.17 Transformación de energía mecánica en eléctrica**

### **2.1.18 Generador eléctrico**

Es un dispositivo capaz de aprovechar la energía mecánica, proveniente del movimiento de turbinas hidráulicas o eólicas, una manivela, aire comprimido, un motor de combustión interna o cualquier fuente y transformarla en energía eléctrica.

Son utilizados en todo lugar donde sea indispensable el uso de la electricidad y este pasando por algún corte de energía o más conocido como apagón prolongado. Los generadores suelen ser más empleados a nivel domiciliario, industrial, hospitalario entre otros (LBA INDUSTRIAL, 2018).

*Figura 5 Partes de un generador eléctrico*



**Fuente: LBA Industrial**

### **2.1.19 Principio de funcionamiento de un generador eléctrico:**

Al hablar de la ley de Faraday se nos indica que al tener una variación en el flujo magnético que existe en el conductor, sea este lineal o espiral, se producirá un voltaje que tendrá la misma proporción que la variación existente, lo que se podría entender como generación de

una corriente inducida debido a la introducción de una espira dentro de un campo que este magnetizado y que podríamos hacer circular sin problema por un circuito.

La ley de Faraday se puede expresar de forma matemática como:

$$V_{\epsilon} = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_C \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

- $d\vec{l}$  es el elemento infinitesimal de longitud del circuito representado por el contorno C
- $\vec{E}$  viene a ser campo eléctrico
- S es una superficie arbitraria, cuyo borde es C. Las direcciones del contorno C y de  $d\vec{s}$  están dadas por la regla de la mano derecha.
- $\vec{B}$  sería el campo magnético

### 2.1.20 Alternador

El alternador es un dispositivo generador de electricidad que produce una diferencia de potencial entre dos polos, que aprovecha la energía mecánica generada por un motor y la transforma en electricidad, el cual se suministra a una batería para luego ser empleada en los consumidores eléctricos del vehículo.

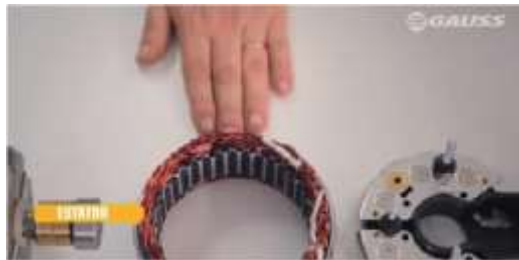
El alternador cuenta con un rotor, un estator y una placa rectificadora, el rotor es el que crea un campo magnético alrededor del estator que es el que genera un voltaje y amperaje según el número de polos y vueltas que realice en el rotor. La placa rectificadora se encarga de producir corriente continúa transformando la corriente alterna que fue generada, la cual es dirigida al almacenador de energía o batería y los componentes eléctricos que deban ser alimentado (Tecgauss - Artículos, 2020).

**Figura 6** *El rotor de un alternador*



**Fuente:** Tecgauss

**Figura 7** *El estator del alternador*



**Fuente:** Tecgauss

**Figura 8** *Rectificador o placa rectificadora*



**Fuente:** Tecgauss

### **2.1.2.1 Almacenamiento de energía**

#### **2.1.2.2 Almacenadores de energía**

Un sistema de almacenamiento de energía consiste en un dispositivo capaz de almacenar para ser usada cuando sea necesario, estabilizando la red. El almacenador energético más empleado en la actualidad, exceptuando los sistemas hidroeléctricos de bombeo, son las baterías que están conectadas de forma secuencial. Sin embargo, conforme van pasando los años, las empresas responsables de la

innovación tecnología de los sistemas de almacenamiento energético siempre están en busca de nuevos materiales para garantizar una mayor eficiencia, costos más bajos y un producto cada vez más sostenible. (Green Power, 2020)

#### **2.1.2.4 Batería**

Las baterías son almacenadores eléctricos de tipo electroquímico, usando reacciones químicas reversibles para reunir y descargar energía. Una batería es capaz de transformar la energía química en electricidad, y mientras más grande sea su capacidad de carga, más corriente logrará almacenar.

La cantidad de energía eléctrica que pueden almacenar las baterías para posteriormente ser usada se mide en amperios por hora mientras que el voltaje o la tensión se mide en voltios.

#### **2.1.2.5 ¿Cómo funciona una batería?**

Las baterías funcionan por una reacción electroquímica llamada redox que se da lugar en el interior de la batería y se basa en que los polos intercambien electrones.

Estos polos antes mencionados están inmersos en un medio electrolítico, al ser opuestos, el ánodo reacciona oxidándose, liberando electrones y el cátodo reduce su oxidación ganando los electrones.



## **2.2 MARCO LEGAL**

### **Constitución de la República**

#### Artículo 15

“El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional” (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2021).

#### Artículo 413

“El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua” (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2021).

### **Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica**

#### Artículo 1

“Objeto y alcance de la ley.- La presente ley tiene por objeto garantizar que el servicio público de energía eléctrica cumpla los principios constitucionales de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, universalidad,, accesibilidad, regularidad, continuidad, calidad, sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia, para lo cual, corresponde a través del presente

instrumento, normar el ejercicio de la responsabilidad del Estado de planificar, ejecutar, regular, controlar y administrar el servicio público de energía eléctrica. La presente ley regula la participación de los sectores público y privado, en actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica, así como también la promoción y ejecución de planes y proyectos con fuentes de energías renovables, y el establecimiento de mecanismos de eficiencia energética” (REPUBLICA DEL ECUADOR, 2015).

### **Ley Orgánica de Eficiencia Energética**

#### Artículo 1

“Objeto y ámbito.- La presente Ley tiene por objeto establecer el marco legal y régimen de funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética - SNEE, y promover el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas, a fin de incrementar la seguridad energética LEY ORGANICA DE EFICIENCIA ENERGETICA; al ser más eficiente, aumentar la productividad energética, fomentar la competitividad de la economía nacional, construir una cultura de sustentabilidad ambiental y eficiencia energética, aportar a la mitigación del cambio climático y garantizar los derechos de las personas a vivir en un ambiente sano y a tomar decisiones informadas. El ámbito de esta Ley se circunscribe a todas las actividades de carácter público o privado, institucional o particular, para las que se efectúe una transformación y/o consumo de energía de cualquier forma y para todo fin” (Republica del Ecuador, 2021).

#### Artículo 2

“Se declara de interés nacional al igual que política de Estado, el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en cualquiera de sus formas, ya que es una pieza clave en progreso de una Sociedad Responsable preocupada por una economía sustentable con el ambiente” (Republica del Ecuador, 2021).

## **Código Orgánico del Ambiente**

### Artículo 9

“Principios ambientales. En concordancia con lo establecido en la Constitución y en los instrumentos internacionales ratificados por el Estado, los principios ambientales que contiene este Código constituyen los fundamentos conceptuales para todas las decisiones y actividades públicas o privadas de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, en relación con la conservación, uso y manejo sostenible del ambiente”

“Los principios ambientales deberán ser reconocidos e incorporados en toda manifestación de la administración pública, así como en las providencias judiciales en el ámbito jurisdiccional. Estos principios son:

Numeral 2.- Mejor tecnología disponible y mejores prácticas ambientales”

“El Estado deberá promover en los sectores público y privado, el desarrollo y uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto, que minimicen en todas las fases de una actividad productiva, los riesgos de daños sobre el ambiente, y los costos del tratamiento y disposición de sus desechos. Deberá también promover la implementación de mejores prácticas en el diseño, producción, intercambio y consumo sostenible de bienes y servicios, con el fin de evitar o reducir la contaminación y optimizar el uso del recurso natural” (PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA, 2017).

Artículo 173.- De las obligaciones del operador.

“El operador de un proyecto, obra y actividad, pública, privada o mixta, tendrá la obligación de prevenir, evitar, reducir y, en los casos que sea posible, eliminar los impactos y riesgos ambientales que pueda generar su actividad. Cuando se produzca algún tipo de afectación al ambiente, el operador establecerá todos los mecanismos necesarios para su restauración. El operador deberá promover en su actividad el uso de tecnologías ambientalmente limpias, energías alternativas no contaminantes y

de bajo impacto, prácticas que garanticen la transparencia y acceso a la información, así como la implementación de mejores prácticas ambientales en la producción y consumo” (PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA, 2017).

Art. 245.- “Obligaciones generales para la producción más limpia y el consumo sustentable. Todas las instituciones del Estado y las personas naturales o jurídicas, están obligadas según corresponda, a:

3. Fomentar y propender la optimización y eficiencia energética, así como el aprovechamiento de energías renovables” (PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA, 2017).

### **Norma Ecuatoriana de Gestión de la Energía**

#### Artículo 18

“Esta norma ecuatoriana establece que los grandes consumidores de energía en acciones industriales, comerciales y públicas implementarán NTEINENISO: 50001 a partir del 30 de enero del 2025” (Organización Internacional de Normalización, 2011).

### **Acuerdo Ministerial 097A**

Art. 85.- “Políticas Generales para promover las Buenas Prácticas Ambientales en Dependencias Administrativas en el Sector Público y Privado.

Las instituciones sujetas a este mecanismo deberán implementar dentro de su institución políticas para promover las Buenas Prácticas Ambientales. Estas políticas contemplan los siguientes aspectos:

1. Gestión de desechos comunes, peligrosos y especiales
2. Gestión y ahorro del papel
3. Gestión y ahorro del agua
4. Gestión y ahorro de energía eléctrica

5. Gestión y ahorro de combustible en el servicio de transporte y otros

6. Capacitación y actividades complementarias

7. Compras responsables”

(Presidencia de la República , 2015).

## **CAPÍTULO III**

### **3 Metodología**

#### **3.1 Metodología aplicada al proyecto**

En este proyecto realizamos una investigación de tipo experimental, donde se buscó corroborar la hipótesis tomando datos reales en la unidad de análisis y con el uso de la metodología cuantitativa definimos variables de tipo continua e hicimos uso de herramientas de análisis matemáticos para la resolución de las premisas planteadas en la investigación y alcanzar nuestras conclusiones.

#### **3.2 Visita de reconocimiento**

Empezamos realizando una visita de reconocimiento a la Sociedad Minera “EL DORADO” ubicado en el Cantón Camilo Ponce Enríquez donde observamos el proceso para la obtención del mineral deseado e identificamos las máquinas que intervienen en este proceso.

#### **3.3 Análisis de conveniencia de maquinaria**

Una vez identificadas las maquinas en cada punto de producción se realizó un inventario donde detallamos el tipo de máquina, consumo energético, función, tiempo de trabajo, tamaño, si posee un motor y la fuerza del motor. Estos datos son esenciales para determinar cuál de todas las máquinas que operan en el lugar es la que podemos utilizar para el desarrollo de nuestro proyecto. La matriz que se utilizó para determinar la máquina más conveniente para realizar el estudio se encuentra en la tabla 2 donde se detalla el Análisis de conveniencia de maquinaria.

**Tabla 2** *Análisis de conveniencia de maquinaria*

Análisis de conveniencia de maquinaria										
Nombre de máquina	Punto de operación	Motor	Tipo de energía consumida	Voltaje Requerido	Horas de trabajo / día	Potencia de motor	RPM inicial	Dimensiones	Robustez	RPM final

**Elaborado:** (Autores,2023)

Una vez elegida la máquina, nos basamos en sus características físicas, tiempo de trabajo, fuerza de motor y cantidad de energía aprovechable, tomamos los datos de manera experimental in situ del molino chileno, hicimos uso de ecuaciones matemáticas que nos permitieron calcular la cantidad de energía mecánica que no es aprovechada y transformarla a energía eléctrica para identificar las posibilidades de beneficio para la empresa.

### 3.4 Ecuaciones matemáticas empleadas

Las ecuaciones empleadas para la ejecución de los cálculos requeridos se encuentran en la tabla 3, Ecuaciones matemáticas empleadas.

**Tabla 3** *Ecuaciones matemáticas empleadas*

ECUACIONES	NOMBRE
$w = 2\pi f$	VELOCIDAD ANGULAR
$I = \frac{1}{2}mr^2$	INERCIA ROTACIONAL
$Ec = \frac{1}{2}IW^2$	ENERGIA CINETICA ROTACIONAL
$P_0 = Ec_0 / t$	POTENCIA

**Elaborado:** (Autores,2023)

### 3.5 Decremento de RPM en el Molino Chileno

Para la observación del decremento de las revoluciones por minuto en el proceso que realiza el molino chileno, se empleó la tabla 4, revoluciones por minuto de las partes del Molino Chileno expresada que se detalla a continuación.

**Tabla 4** *Revoluciones por minuto de las partes del Molino Chileno*

Parte del Molino	Rpm

Elaborado: (Autores,2023)

### 3.6 Decremento de energía en el Molino Chileno

Para la observación del decremento de la energía empleada en el proceso que realiza el molino chileno, se empleó la tabla 5, Cantidad de energía empleada en cada parte del Molino Chileno.

**Tabla 5** *Cantidad de energía empleada en cada parte del Molino Chileno*

Parte del Molino	Energía empleada (J)
Motor	304693.34
Reductor	974087.96
Polea principal	29857.07

Elaborado: (Autores,2023)

### 3.7 Escala de evaluación

Los datos obtenidos fueron revisados por un Ingeniero eléctrico para que verifique la selección de las ecuaciones usadas para la determinación de la potencia y exprese su criterio profesional en el área eléctrica, en virtud que el proyecto tiene dos componentes técnicos, el uno es de potencia eléctrica y el otro de ingeniería ambiental, innovación de aplicación de uso de energías alternativas, basado en el aprovechamiento de energía subutilizada. Para la evaluación técnica del componente de Ingeniería



Eléctrica se hará de la siguiente escala de evaluación que se encuentra en la Tabla 6, Escala de evaluación.

**Tabla 6** *Escala de Evaluación*

Escala de Evaluación	
Totalmente de Acuerdo	
De Acuerdo	
Indeciso	
En desacuerdo	
Totalmente en desacuerdo	

**Elaborado:** (Autores,2023)

### 3.8 Criterios de Evaluación

Los criterios usados en la evaluación serán la viabilidad técnica en el tema de Ingeniería eléctrica, la selección de ecuaciones para la determinación de la potencia, la innovación de la propuesta y la relación que presenta con los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por el estado en su plan nacional. Los criterios de evaluación están expresados en la Tabla 7.

**Tabla 7** *Criterios de Evaluación*

Criterios de Evaluación		
Número	Criterios	Valoración
1	Viabilidad	
2	Selección de ecuaciones	
3	Innovación	
4	Relación con los ODS	

**Elaborado:** (Autores,2023)

Los resultados de la revisión del Ingeniero eléctrico fueron expresados mediante un certificado que uso tanto en la Escala como en los Criterios de evaluación señalados anteriormente.

### **3.9 Diseño de la propuesta**

El diseño de la propuesta del aprovechamiento de la energía mecánica reemplazando el motorreductor por un alternador para reducir la velocidad del molino mientras se aprovecha la potencia en la generación de energía eléctrica para uso de líneas de 110V, se lo realizó en el software de AutoCAD.

### **3.10 Presentación de propuesta**

La presentación de la propuesta, se la realizó en un formato de Plan de Acción que considera los costos aproximados, el responsable de la ejecución, medidas correctivas, indicador, medio de verificación, el tiempo, el origen del proyecto, con la finalidad de tomar una medida de choque que permita la implementación del aprovechamiento de energía mecánica en la generación de energía eléctrica en la Sociedad Minera “EL DORADO”.

Para formalizar el compromiso de continuar la investigación, el administrador de la Sociedad Minera “EL DORADO” firmó el plan de acción.

**Tabla 8** *Formato de Plan de acción*

<b>Plan de Acción</b>	
Origen de la propuesta	
Hallazgo	
Medida	
Indicador	
Medio de verificación	
Responsable	
Tiempo de ejecución	
Costo de la propuesta	
Nombre del administrador de la Sociedad Minera “EL DORADO”	
Firma de compromiso del Administrador	

**Elaborado:** (Autores,2023)

## CAPITULO IV

### 4 Resultados

#### 4.1 Resultado del Análisis de conveniencia de la maquinaria

**Tabla 9** Resultado del Análisis de conveniencia de la maquinaria

Nombre de maquina	Punto de operación	Análisis de conveniencia de maquinaria								
		Motor	Tipo de energía consumida	Voltaje Requerido	Horas de trabajo / día	Potencia de motor	RPM	Dimensiones	Robustez	RPM final
Molino Chileno	Área de Molinos	Si	Electrica	440	24h/Dia	25hp	1750	3mx3m	Si	19
Tolva con banda alimentadora	Área de Molinos	Si	Electrica	220	12h/Dia	10hp	1165	9.30mx3.90m	no	20
Círculo de Cianuración	Planta de Cianuración	Si	Electrica	220	24h/Dia	10hp	1165	2.5mx2.5m	no	25

**Elaborado:** (Autores,2023)

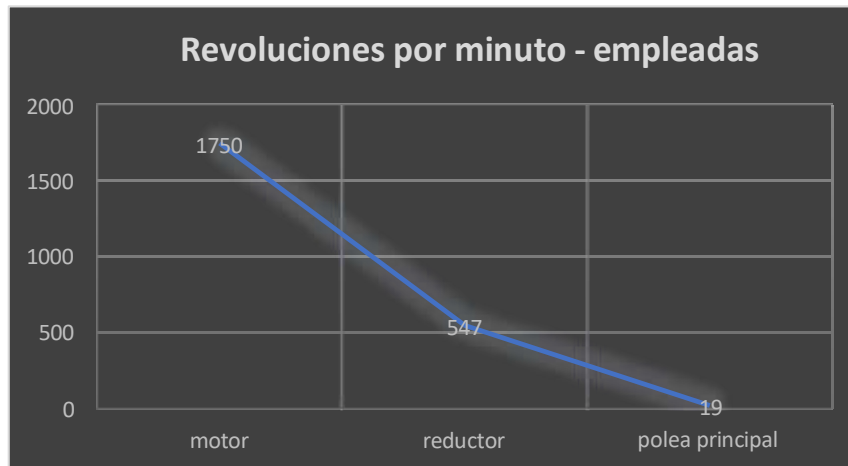
#### 4.2 Tabla y gráfica de revoluciones por minutos empleadas en el Molino Chileno

**Tabla 10** Revoluciones por minuto de las partes del Molino Chileno

Parte del Molino	Rpm
Motor	1750
Reductor	547
Polea principal	19

**Elaborado:** (Autores,2023)

**Figura 9** Decremento de las revoluciones por minutos en el funcionamiento del Molino Chileno



**Elaborado:** (Autores,2023)

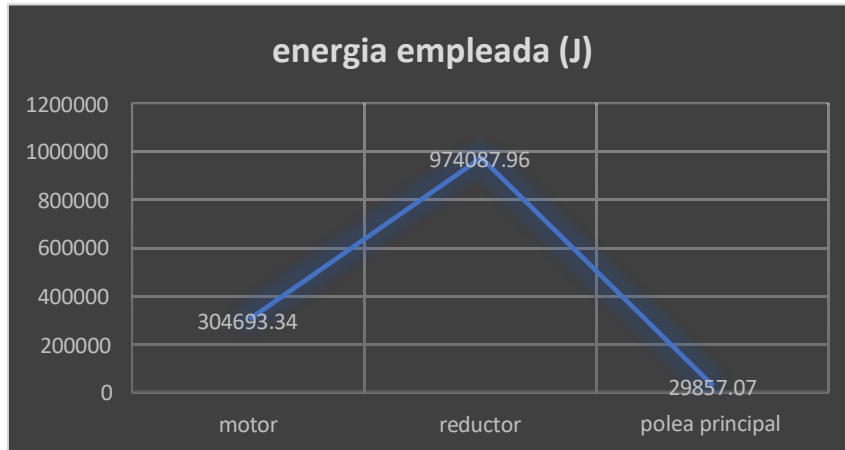
### 4.3 Tabla y gráfica de revoluciones por minutos empleadas

**Tabla 11** Cantidad de energía empleada en cada parte del Molino Chileno

Parte del Molino	Energía empleada (J)
Motor	304693.34
Reductor	974087.96
Polea principal	29857.07

**Elaborado:** (Autores,2023)

**Figura 10** Variaciones de energía en el funcionamiento del Molino Chileno



Elaborado: (Autores,2023)

#### 4.4 Cálculo de producción de energía mecánica del motor del Molino Chileno

##### 4.4.1 Datos del motor

$$f = 1750 \text{ rpm}$$

$$d = 12,7 \text{ cm}$$

##### 4.4.2 Obtención de la velocidad angular

$$w = 2\pi f$$

$$w = 2\pi(1750\text{rpm})$$

$$w = 10995,57 \text{ rad}/\text{min}$$

##### 4.4.3 Obtención de la Inercia rotacional

$$I = \frac{1}{2}mr^2$$

$$I = \frac{1}{2}(2,5Kg)(0,0635m)^2$$

$$I = \frac{1}{2}(2,5Kg)(0,004033m^2)$$

$$I = 5,04 \times 10^{-3} \text{ Kg m}^2$$

#### 4.4.4 Obtención de la Energía cinética rotacional

$$E_c = \frac{1}{2} I W^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} (5,04 \times 10^{-3} \text{ Kg m}^2) (10995,57 \frac{\text{rad}}{\text{min}})^2$$

$$E_c = 304693,34 \text{ J}$$

R// La energía mecánica producida por el motor del Molino Chileno es 304693,34 J

#### 4.5 Cálculo de energía mecánica empleada por el Molino Chileno

##### 4.5.1 Datos de la polea mayor

$$f = 19 \text{ rpm}$$

$$d = 119,38 \text{ cm}$$

##### 4.5.2 Obtención de la velocidad angular

$$w = 2\pi f$$

$$w = 2\pi(19 \text{ rpm})$$

$$w = 119,38 \frac{\text{rad}}{\text{min}}$$

##### 4.5.3 Obtención de la inercia rotacional

$$I = \frac{1}{2} m r^2$$

$$I = \frac{1}{2} (23,5 \text{ Kg}) (0,5969 \text{ m})^2$$

$$I = \frac{1}{2} (23,5 \text{ Kg}) (0,3563 \text{ m}^2)$$

$$I = 4,19 \text{ Kg m}^2$$

#### 4.5.4 Obtención de la Energía cinética rotacional utilizada

$$E_c = \frac{1}{2} I W^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} (4,19 \text{ Kg m}^2) (119,38 \frac{\text{rad}}{\text{min}})^2$$

$$E_c = 29857,07 \text{ J}$$

R//La energía mecánica empleada por el Molino Chileno es 29857,07 J

#### 4.6 Determinación de diferencia de energía entre lo producido y lo empleado

$$E_{c_0} = 304693,34 \text{ J}$$

$$E_{c_f} = 29857,07 \text{ J}$$

$$\Delta E_c = E_{c_f} - E_{c_0} = 29857,07 \text{ J} - 304693,34 \text{ J}$$

$$\Delta E_c = -274836,27 \text{ J}$$

R// Encontramos una pérdida de 274836,27 J de energía

#### 4.7 Potencia producida por el motor del molino chileno

$$P_0 = E_{c_0} / t$$

$$P_0 = (304693,34 \text{ J}) / (60 \text{ seg})$$

$$P_0 = 5078,22 \text{ W/min}$$

#### 4.8 Potencia empleada por el molino chileno

$$P_f = E_{c_f} / t$$



$$P_f = (29857,07 J) / (60 \text{ seg})$$

$$P_f = 497,62 \text{ W/min}$$

#### 4.9 Determinación de diferencia de potencia producida y empleada

$$\Delta P = P_f - P_0 = 497,62 \text{ W} - 5078,22 \text{ W}$$

$$\Delta P = - 4580,6 \text{ W/min}$$

R// Encontramos una pérdida de 4580,6 W/min de energía

#### 4.10 Potencia no aprovechada anualmente

$$\frac{4580,6 \text{ W}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ KW}}{1000 \text{ W}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \times \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \times \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ año}}$$

$$P_{\text{anual}} = 2'407.242,12 \text{ KW/año}$$

#### 4.11 Potencia total aproximada en el área de molienda

$$P_{\text{total aprox}} = (2'407.242,12 \text{ KW/año}) \times (10 \text{ molinos})$$

$$P_{\text{Total Aprox Anual}} = 24'072.421,2 \text{ KW/año}$$

#### 4.12 Validación de cálculos realizados

Los datos obtenidos fueron revisados por el Ingeniero Eléctrico Juan Carlos Lata, Docente investigador de la Universidad Politécnica Salesiana quien verificó: la selección de ecuaciones para la determinación de la potencia, la innovación de la propuesta y la relación que presenta con los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por el estado en su plan nacional, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 12** Resultados de Criterios de Evaluación

Criterios de Evaluación		
Número	Criterios	Valoración
1	Viabilidad	Totalmente de acuerdo
2	Selección de ecuaciones	Totalmente de acuerdo
3	Innovación	Totalmente de acuerdo
4	Relación con los ODS	Totalmente de acuerdo

**Elaborado:** (Autores,2023)

Como apreciamos en la Tabla 12, se expresa la total conformidad con los criterios de viabilidad, selección de ecuaciones, innovación y relación con los ODS. Los resultados de la revisión del Ingeniero fueron expresados mediante un certificado que se encuentra en el ANEXO No. 6.

#### **4.13 Diseño de la propuesta**

La propuesta para el aprovechamiento de la energía es reemplazar el motorreductor por un alternador para reducir la velocidad del molino mientras se aprovecha la potencia en la generación de energía eléctrica para uso de líneas de 110V.

#### **4.14 Tabla de artefactos eléctricos que pueden ser abastecidos**

Con un porcentaje de la potencia que se obtiene de los molinos chilenos se podrían abastecer algunos artefactos eléctricos tales como los que se detallan en la tabla 13, potencia requerida por artefactos eléctricos básicos.

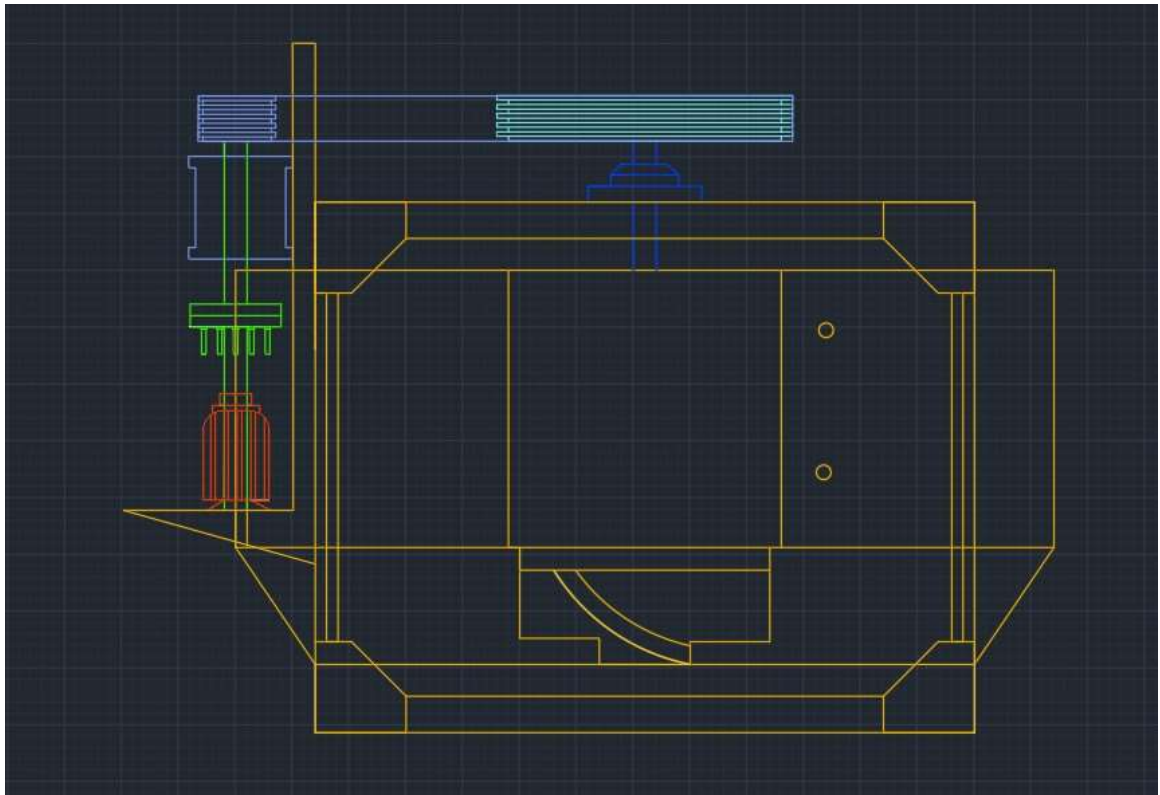
**Tabla 13** Potencia requerida por artefactos eléctricos básicos

Artefacto Eléctrico	Potencia (W)
Refrigerador	350
Televisor	100
Equipo de Sonido	140
Microondas	1400
Plancha	1000
Sanduchera	400
Acondicionador de aire	2000
Licuadaora	375
Lavadora	500
Computadora	160
Ventilador	90
DVD	8
Teléfono inalámbrico	3
Bomba de agua (1/2HP)	373

*Fuente:* Obtenido de trabajo de titulación de Ingeniero en electricidad de RONALD ALVARO RECALDE SALAZAR y CÉSAR AMABLE SÁNCHEZ MEDRANO (MEDRANO, 2013)

#### 4.14.1 Diseño molino operación normal

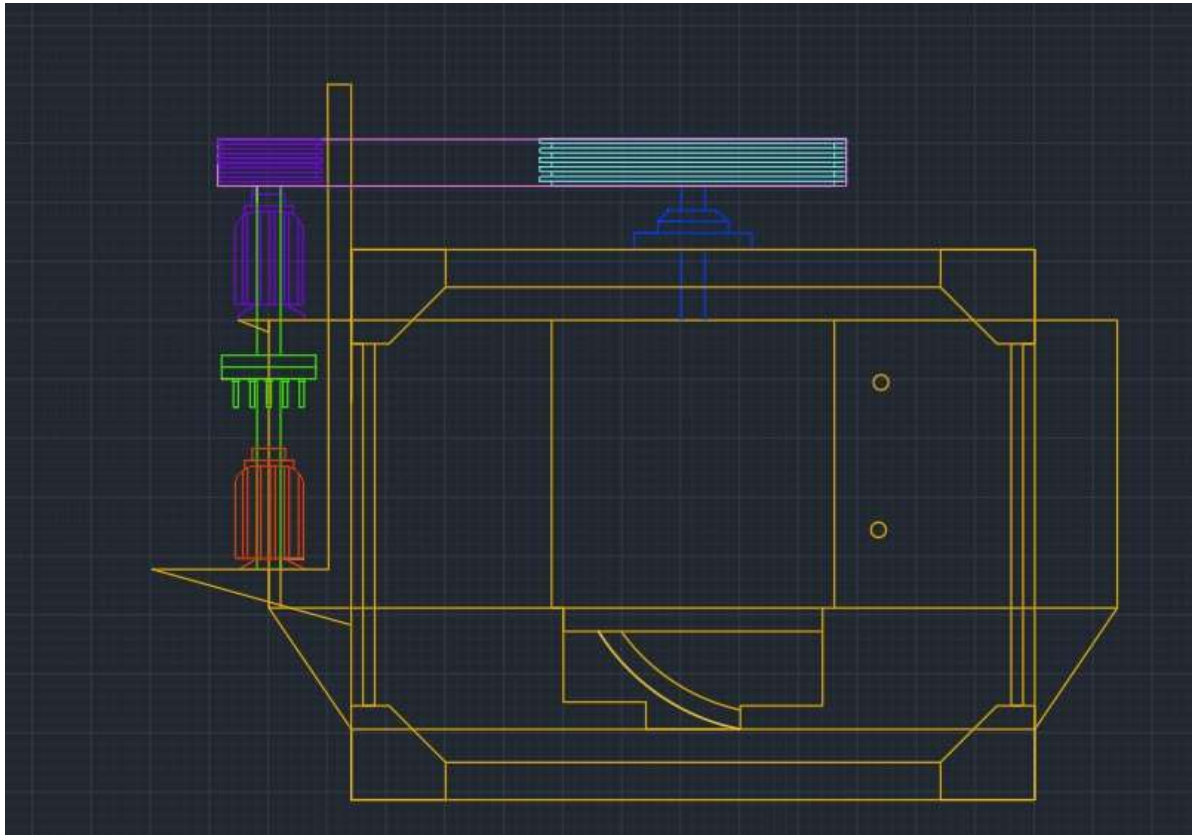
Figura 11 Molino Chileno funcionando con motor reductor



Elaborado: (Autores,2023)

#### 4.14.2 Diseño molino operación modificada

Figura 12 Molino Chileno funcionando con alternador



Elaborado: (Autores,2023)

#### 4.15 Propuesta de Plan de Acción

El presente Plan de Acción y sus costos aproximados están basados en los análisis realizados en la Sociedad Minera “EL DORADO”, para la implementación del aprovechamiento de energía mecánica en la generación de energía eléctrica.

**Tabla 14** *Plan de Acción*

<b>Plan de Acción</b>	
Origen de la propuesta	Proyecto de investigación de tesis experimental de Julio Andrés Espinoza Velasco y Davis Johan Armijos Maldonado
Hallazgo	24'072412. 2 KW/año que no están siendo aprovechados
Medida	Sustituir el motorreductor con un alternador
Indicador	KW aprovechados / Total KW subutilizados
Medio de verificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotos de la implementación realizada.</li> <li>• Procedimiento del cambio realizado</li> <li>• Planillas de luz que verifiquen disminución del consumo de energía</li> </ul>
Responsable	Jefe de Planta
Tiempo de ejecución	1 semestre
Costo de la propuesta	\$5300
Nombre del administrador de la Sociedad Minera "EL DORADO"	Joel Armijos Benalcázar
Firma de compromiso del Administrador	

**Elaborado:** (Autores,2023)

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

#### 5.4 Conclusión

- El estudio realizado nos permite precisar que en el molino chileno bajo las condiciones actuales de operación no se aprovechan  $4,5806 \text{ KW}/\text{min}$ , energía que se pierde en el proceso de reducción de las revoluciones por minuto para que el molino cumpla su objetivo, además de una conversión en energía térmica.
- La energía total que se encuentra no aprovechada en el área de molienda de la unidad de análisis es de  $P_{\text{anual}} = 2'407.563,36 \text{ KW}/\text{min}$  por molino, valor que se incrementa a  $24'072421.2 \text{ KW}/\text{año}$  debido a que son diez la cantidad de molinos existentes.
- La Unidad de análisis tiene otros equipos como las bandas transportadoras, las unidades de cianuración que presentan las mismas oportunidades de aprovechamiento que los molinos chilenos, debido a que funcionan bajo el mismo principio esto es, reducir las revoluciones por minuto con un motorreductor.

## 5.5 Recomendación

- Es recomendable aprovechar el estudio realizado en el molino chileno bajo las condiciones actuales de operación para realizar un plan de acción que permita aprovechar una buena parte de los 4,5806 KW/min, energía que se pierde en el proceso de reducción de las revoluciones por minuto para que el molino cumpla su objetivo, alimentado líneas de 110 voltios como los mencionados en el Anexo 9.
- Se sugiere implementar un mecanismo de aprovechamiento de la energía total que no se encuentra aprovechada en el área de molienda de la unidad de análisis, ya que es bastante considerable, teniendo 2'407.242.12 KW/año por molino disponibles, valor que se incrementa a 24'072.412. 2 KW/año debido a que son diez la cantidad de molinos existentes.
- Es necesario evaluar los otros equipos como las bandas transportadoras, las unidades de cianuración que presentan las mismas oportunidades de aprovechamiento que los molinos chilenos, para verificar la energía disponible que puede ser aprovechada.



## **BIBLIOGRAFÍA**

Tesis y Másters. (2023). Obtenido de ¿Qué es la metodología cualitativa y cómo aplicarla?:

<https://tesisymasters.cl/metodologia-cualitativa/>

CELEP EP. (24 de 09 de 2018). Obtenido de Pucará, la primera central hidroeléctrica del país:

<https://www.celec.gob.ec/hidroagoyan/noticias-noticias/pucara-la-primera-central-hidroelectrica-del-pais-se-moderniza/#:~:text=La%20hidroel%C3%A9ctrica%20Pucar%C3%A1%20se%20ubica,riego%20de%20la%20zona%20agr%C3%ADcola.>

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (25 de Enero de 2021). *Decreto*

*Legislativo 0* . Obtenido de Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008:

[https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\\_act\\_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf)

Ecologia verde . (30 de Abril de 2020). Obtenido de Qué es la energía eléctrica:

<https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-energia-electrica-y-ejemplos-2717.html>

FISICALAB. (2023). Obtenido de ENERGÍA MECANICA:

<https://www.fisicalab.com/apartado/energia-mecanica>

Green Power. (2020). Obtenido de Almacenamiento: [https://www.enelgreenpower.com/es/learning-](https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/almacenamiento)

[hub/energias-renovables/almacenamiento](https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/almacenamiento)

LBA INDUSTRIAL. (10 de Junio de 2018). Obtenido de Generador Eléctrico:

<https://www.lbaindustrial.com.mx/generador-electrico/>

Lifeder. (2021). Obtenido de Potencia (física): <https://www.lifeder.com/potencia-fisica/>

MEDRANO, R. A.-C. (2013). *ADMINISTRACIÓN DE LA CARGA Y CONSERVACIÓN DE ENERGÍA DE LOS CONSUMIDORES DEL SECTOR RESIDENCIAL DE MILAGRO*.  
Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/42295/1/D-84265.pdf>

Minería en Chile. (s.f.). Obtenido de *EVOLUCIÓN HISTORICA DE LA MINERÍA EN CHILE.*:  
<https://www.mineriaenchile.cl/evolucion-historica-de-la-mineria-en-chile/>

OPERADOR NACIONAL DE ELECTRICIDAD. (01 de 06 de 2021). Obtenido de *INFORMA ANUAL 2022*: <https://www.cenace.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/04/Parte-1-Informe-Anual-2022.pdf>

Organización Internacional de Normalización. (2011). Obtenido de *Sistemas de gestión de la energía*: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>

PETROENERGIA. (7 de abril de 2021). Obtenido de *Consumo energético en plantas de beneficio mineral*: <https://www.petroenergia.info/post/consumo-energ%C3%A9tico-en-plantas-de-beneficio-mineral>

Prensa EC. (06 de 09 de 2022). Obtenido de *Energías alternativas en el sector minero de Ecuador, factor que contribuye a la sostenibilidad: Prysmian Group*:  
<https://prensa.ec/2022/09/06/energias-alternativas-en-el-sector-minero-de-ecuador-factor-que-contribuye-a-la-sostenibilidad-prysmian-group/>

Presidencia de la República . (15 de Noviembre de 2015). Obtenido de *Texto Unificado de Legislación Secundaria*: [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015\\_0.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf)

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. (12 de Abril de 2017). Obtenido de *CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE*: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)

REPUBLICA DEL ECUADOR. (14 de Enero de 2015). *LEY ORGANICA DEL SERVICIO*

*PUBLICO DE ENERGIA*. Obtenido de

[https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento-Ley-  
Org%20A1nica-del-Servicio-P%20BAblico-de-Energ%20ADa-  
El%20A9ctrica.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento-Ley-<br/>Org%20A1nica-del-Servicio-P%20BAblico-de-Energ%20ADa-<br/>El%20A9ctrica.pdf)

Republica del Ecuador. (11 de Noviembre de 2021). Obtenido de Reglamento General de la Ley

Orgánica de Eficiencia Energética:

[file:///C:/Users/julio/OneDrive/Desktop/TESIS/DOCUMENTOS%20IMPORTANTES%20  
DE%20TESIS/LEYES%20Y%20NORMATIVAS/reglamento%20de%20ley%20organica  
%20eficiencia%20energetica%20.pdf](file:///C:/Users/julio/OneDrive/Desktop/TESIS/DOCUMENTOS%20IMPORTANTES%20<br/>DE%20TESIS/LEYES%20Y%20NORMATIVAS/reglamento%20de%20ley%20organica<br/>%20eficiencia%20energetica%20.pdf)

San Carlos. (2023). Obtenido de COGENERACIÓN DE: [https://www.sancarlos.com.ec/modelo-de-  
produccion-sostenible/cogeneracion-de-energia-electrica/](https://www.sancarlos.com.ec/modelo-de-<br/>produccion-sostenible/cogeneracion-de-energia-electrica/)

SCRIBD. (16 de Mayo de 2019). Obtenido de MOLINO CHILENO:

<https://es.scribd.com/document/410236803/Escrito-Ope-Molino-Chileno-docx#>

Spiegato. (2023). Obtenido de ¿Qué es la energía rotacional?: [https://spiegato.com/es/que-es-la-  
energia-rotacional](https://spiegato.com/es/que-es-la-<br/>energia-rotacional)

StudySmarter. (2020). Obtenido de ENERGÍA CINÉTICA ROTACIONAL:

<https://www.studysmarter.es/resumenes/fisica/mecanica-clasica/energia-cinetica-rotacional/>

Tecgauss - Articulos. (24 de 09 de 2020). Obtenido de La función del alternador:

<https://gauss.com.br/tecgauss/es/linea-electrica/conoza-la-funcion-del-aternador/>

Tesis y Másters. (2023). Obtenido de ¿Qué es una metodología cuantitativa y cómo desarrollarla?:

<https://tesisymasters.com.co/metodologia-cuantitativa/>

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS. (Octubre de 2018). Obtenido de Introducción a la metodología de la investigación científica:

<https://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>

Universidad Internacional de Valencia . (6 de Julio de 2018). Obtenido de ¿Qué es la energía cinética?: <https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/que-es-la-energia-cinetica-definicion>

USGS. (25 de 09 de 2019). Obtenido de Itaipú Dam: La planta hidroeléctrica más grande del mundo: <https://water.usgs.gov/gotita/hybiggest.html>

Van Beek. (23 de 03 de 2023). Obtenido de ¿Quién inventó el generador eléctrico y en qué año?: <https://vanbeek.cl/blogs/generador-electrico/%E2%9C%85en-que-ano-se-invento-el-generador-electrico>

## Anexos Fotos de Visita de reconocimiento









## Anexo 2 Inventario de Máquinas candidatas para realización de proyecto

Inventario de Maquinas existentes en la Sociedad Minera "EL DORADO"		
fecha	21/7/2023	
Responsable	Davis Armijos	
Nombre de la máquina	Área de trabajo	cantidad
Molino Chileno	Área de Molinos	10
Tolva con banda alimentadora	Área de Molinos	1
Circuito de Cianuraciòn	Planta de Cianuraciòn	12

*Fuente: Elaborado por los autores*



**Anexo 3 fotos de Máquinas candidatas para realización del proyecto.**

**Figura 13** *TOLVA*



**Figura 14** *MAQUINA DE CIANURACION*



*Figura 15 MOLINO CHILENO*



**Anexo 4 Tabla de análisis conveniencia de maquinaria para realización del proyecto experimental.**

Nombre de maquina	Punto de operación	Análisis de conveniencia de maquinaria								
		Motor	Tipo de energía consumida	Voltaje Requerido	Horas de trabajo / día	Potencia de motor	RPM	Dimensiones	Robustez	RPM final
Molino Chileno	Área de Molinos	Si	Electrica	440	24h/Dia	25hp	1750	3mx3m	Si	19
Tolva con banda alimentadora	Área de Molinos	Si	Electrica	220	12h/Dia	10hp	1165	9.30mx3.90m	no	20
Circuito de Cianuraciòn	Planta de Cianuraciòn	Si	Electrica	220	24h/Dia	10hp	1165	2.5mx2.5m	no	25

**Anexo 5 Fotos de mediciones eléctricas en molino chileno.**



**Anexo 6 Certificado emitido por Ingeniero Eléctrico, docente de Universidad  
Politécnica Salesiana.**

Jueves 3 de agosto del 2023

# Certificado

Yo, Ingeniero eléctrico Juan Carlos Lata, profesor de la carrera de Ingeniería eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana, certifico que revisé los cálculos realizados por los tesisistas Julio Andrés Espinoza Velasco con cédula de ciudadanía No. 0926244286 y Davis Johan Armijos Maldonado con cédula de ciudadanía No. 0706796950, para la obtención del título de Ingeniero Ambiental.

Número	Criterios	Valoración
1	Viabilidad	Totalmente de acuerdo
2	Exactitud de cálculos	Totalmente de acuerdo
3	Innovación	Totalmente de acuerdo
4	Relación con los ODS	Totalmente de acuerdo

Declaro que el presente certificado puede ser utilizado por los tesisistas con el fin de respaldar su tesis experimental.

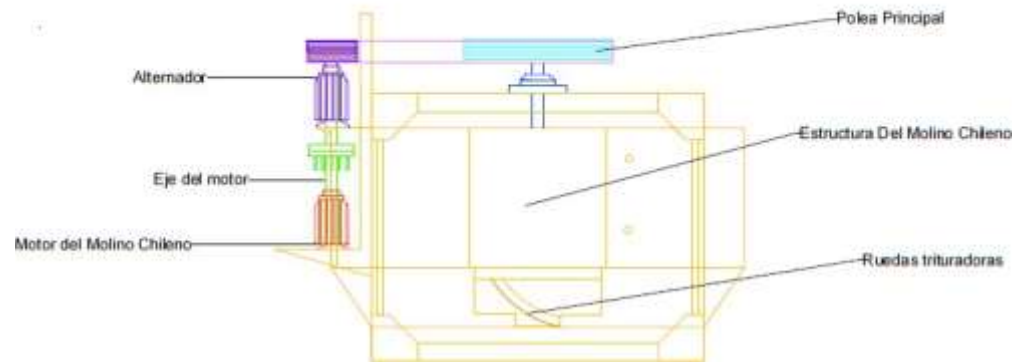
Atentamente,



**Ingeniero Juan Carlos Lata, PhD  
Docente Investigador  
Universidad Politécnica Salesiana**

## Anexo 7 Diseño en AutoCAD de Molino Chileno modificado

### *Molino Chileno con Alternador Adaptado*





**Anexo 8 Tabla de consumo básico de electrodomésticos.**

<b>Artefacto Eléctrico</b>	<b>Potencia (W)</b>
Refrigerador	350
Televisor	100
Equipo de Sonido	140
Microondas	1400
Plancha	1000
Sanduchera	400
Acondicionador de aire	2000
Licuadaora	375
Lavadora	500
Computadora	160
Ventilador	90
DVD	8
Teléfono inalámbrico	3
Bomba de agua (1/2HP)	373

**Anexo 9 Plan de acción firmado por el administrador de la sociedad minera “EL DORADO”**

Plan de Acción	
Origen de la propuesta	Proyecto de investigación de tesis experimental de Julio Andrés Espinoza Velasco y Davis Johan Armijos Maldonado
Hallazgo	Según el estudio realizado en la unidad de análisis se encontró que 24'072412. 2 KW/año no están siendo aprovechados.
Medida	Sustituir el motorreductor con un alternador
Indicador	KW aprovechados / Total KW subutilizados
Medio de verificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotos de la implementación realizada.</li> <li>• Procedimiento del cambio realizado</li> <li>• Planillas de luz que verifiquen disminución del consumo de energía</li> </ul>
Responsable	Jefe de Planta
Tiempo de ejecución	I semestre
Costo de la propuesta	\$5300
Nombre del administrador de la Sociedad Minera “EL DORADO”	Joel Armijos Benalcazar.
Firma de compromiso del Administrador	