



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO



José Leopoldo Ramos Ojeda

**Diseño y estudio de factibilidad técnico-económica
para la implementación de un taller de
remanufactura 4.0 para motores eléctricos bajo el
estándar EASA**

Informe Proyecto de Título de Ingeniero Eléctrico



**Escuela de Ingeniería Eléctrica
Facultad de Ingeniería**

Valparaíso, 09 de agosto de 2017



Diseño y estudio de factibilidad técnico-económica para la implementación de un taller de remanufactura 4.0 para motores eléctricos bajo el estándar EASA

José Leopoldo Ramos Ojeda

Informe Final para optar al título de Ingeniero Eléctrico,
aprobada por la comisión de la
Escuela de Ingeniería Eléctrica de la
Facultad de Ingeniería de la
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
conformada por

Sr. Paulino Alonso Rivas

Profesor Guía

Sr. Jorge Cuturrufo Campusano

Segundo Revisor

Sr. Sebastián Fingerhuth Massmann

Secretario Académico

Valparaíso, 09 de agosto de 2017

Dedicado a mi pareja e hija quienes me dan la motivación para continuar mejorando.

A mis padres y hermana, quienes me han acompañado desde el inicio.

Resumen

En el siguiente documento se describe el tema “diseño y estudio de factibilidad técnico-económica para la implementación de un taller de remanufactura 4.0 para motores eléctricos bajo el estándar EASA” el cual se desarrolló en las asignaturas de titulación “Proyecto I” y “Proyecto II” de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Se abordará la descripción de conceptos históricos de las revoluciones industriales para luego nombrar aspectos importantes en la evolución de la industria manufacturera en Chile y como estos cambios afectaron al mercado actual.

Se presentará la visión actual de la industria remanufacturera, describiendo sus beneficios y procesos, además del tipo de economía en la que está inserta.

Teniendo claros los conceptos mencionados se describirá la problemática que enfrentará el proyecto en los aspectos de mercado, sociedad, industria, económicos y normativos.

Se entregará una descripción del proyecto con su respectivo objetivo y alcance para así formular un ordenamiento en las actividades a ejecutar y presentar la correspondiente carta Gantt.

Se describirá el proceso de remanufactura para motores eléctricos en general, con sus respectivas etapas, para así poder calcular el tiempo máximo de remanufactura y así dilucidar cuantos motores se podrían remanufacturar en un mes.

Una vez establecido el proceso de remanufactura se mostrará el layout para el taller y la estructura de datos que éste poseerá para el manejo de la información que se genere.

Luego se hará el dimensionamiento del sistema eléctrico, en el cual se describen los equipos a utilizar para la subestación.

Para finalizar se realiza una descripción de todos los equipos a utilizar en el proceso de remanufactura, así como también la obra de mano para la creación y funcionamiento del taller, con estos datos se hará una evaluación económica cuyo análisis nos dirá si es o no rentable de desarrollar un taller de tales características.

Palabras claves: Motor eléctrico, economía circular, remanufactura, industria 4.0, layout, evaluación económica.

Abstract

The following document describes the "design and study of technical and economic feasibility for the implementation of a remanufacturing workshop 4.0 for electric motors under the EASA standard" which was developed in the "Project I" and "Project II" of the race of Electrical Engineering of the Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

It will address the description of historical concepts of industrial revolutions and then name important aspects in the evolution of the manufacturing industry in Chile and how these changes affected the current market.

It will present the current vision of the remanufacturing industry, describing its benefits and processes, as well as the type of economy in which it is inserted.

Having clear the concepts mentioned will describe the problems that the project will face in the market, society, industry, economic and regulatory aspects.

A description of the project will be given with its respective purpose and scope in order to formulate an order in the activities to be executed and to present the corresponding Gantt letter.

It will describe the remanufacturing process for electric motors in general, with their respective stages, in order to calculate the maximum remanufacturing time and thus elucidate how many engines could be remanufactured in a month.

Once established the remanufacturing process will show the layout for the workshop and the data structure that it will possess for the handling of the information that is generated.

Then the sizing of the electrical system will be done, in which the equipment to be used for the substation will be described.

Finally, a description is made of all the equipment to be used in the remanufacturing process, as well as the manual work for the creation and operation of the workshop, with these data an economic evaluation will be done, the analysis of which will tell us whether it is profitable or not to develop such a workshop.

Key words: Electric motor, circular economy, remanufacturing, industry 4.0, layout, economic evaluation.

Índice general

Introducción	1
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
1 Antecedentes generales.....	4
1.1 Antecedentes generales	4
1.1.1 Revoluciones industriales	4
1.1.2 Historia de la economía en Chile	5
1.1.3 Industria 4.0	10
1.1.4 Economía circular	13
1.1.5 Remanufactura.....	17
1.2 Oportunidad de mercado [1] [5]	24
1.2.1 Descripción del mercado de motores eléctricos en Chile [5].....	24
1.2.2 Idea y nicho de mercado: Remanufactura	25
1.3 Taller de remanufactura 4.0 para motores eléctricos.....	26
1.3.1 Objetivo general	26
1.3.2 Objetivos específicos	26
1.4 Descripción de las problemáticas.....	27
1.4.1 Problemáticas en el área técnica.....	27
1.4.2 Problemáticas en el área del negocio	28
1.5 Justificación [6]	29
1.6 Alcance.....	30
1.6.1 Alcance del negocio	30
1.6.2 Alcance técnico	31
1.7 Carta Gantt	32
2 Proceso de remanufactura para motores eléctricos	33
2.1 Etapas de remanufactura según EASA	33
2.2 Proceso de remanufactura a aplicar	34
2.2.1 Descripción de las etapas.....	35
2.2.2 Tiempo estimado de remanufactura	39
2.3 Layout	39

2.4 Laboratorio	41
2.5 Estructura de datos	42
3 Dimensionamiento del sistema eléctrico	44
3.1 Equipos a utilizar	44
4 Dimensionamiento de equipos para evaluación económica.....	48
4.1 Inversión inicial y equipos a utiizar	48
4.1.1 Centro de Tranformación	48
4.1.2 Equipos eléctricos	48
4.1.3 Equipos mecánicos	49
4.1.4 Otros Equipos	50
4.1.5 Solicitud Para Certificación EASA	50
4.1.6 Costo de Reparaciones y Adaptaciones	51
4.1.7 Costo de Construcción del Taller	52
4.1.8 Inversión Inicial Total.....	53
4.2 Egresos Operacionales	54
4.2.1 Costos de Energía Eléctrica.....	54
4.2.2 Sueldos del personal de taller	58
4.2.3 Costos de Mantenimiento del Taller.....	59
4.2.4 Costos directos	60
4.2.5 Costo de certificación	63
4.2.6 Costo de arriendo de galpón.....	63
4.2.7 Costo de Recursos Humanos y Otros.....	64
4.3 Egresos no operacionales	64
4.3.1 Costos de Oficina	64
4.3.2 Seguros	65
4.4 Depreciación de activos fijos.....	66
4.5 Estimacion de ingresos operacionales	66
5 Flujo de caja del taller y evaluación económica	68
5.1 Se Considera Arriendo del Galpón.....	68
5.2 Se Considera la Construcción del Galpón	70
5.3 Evaluación económica	72
Discusión y conclusiones.....	73
Bibliografía.....	75
A Puntos claves en el proceso de remanufactura según EASA.....	77
A.1 De acuerdo a EASA	77

Introducción

En los comienzos de la industrialización la sociedad tenía la creencia de que contaba con recursos ilimitados para la producción o manufactura de bienes y servicios, solo se daba atención a la cantidad de productos que podían obtener, como: energía, materias primas, productos finales, etc. Lo cual, al ir evolucionando los procesos, creó la sociedad en la que hoy vivimos, también generaron una pérdida enorme en el ambiente sí y en el pensamiento de la sociedad con respecto a la responsabilidad de mantenerlo. La sobreproducción trajo consigo sobreexplotación de los recursos naturales y así comenzó una era de contaminación a nivel mundial en la cual nuestra sociedad se encontraba indiferente.

La investigaciones científicas con respecto al tema ambiental han sacada a la luz los verdaderos problemas que poseemos, estamos consumiendo más de lo que el planeta nos puede entregar lo que desembocará en el agotamiento de los recursos, esto último producido por el aumento de la población a nivel mundial y la necesidad de más productos. Como resultado se ha ido generando conciencia de que no se puede seguir por el camino insustentable de la sobreexplotación.

Dentro de las consecuencias sociales, cada vez son más las personas que quieren productos y servicios amigables con el medio ambiente, este cambio en la conciencia social ha proliferado fuertemente en las últimas décadas en los países desarrollados y también lo ha hecho recientemente en América Latina. La presión por parte de la sociedad trajo consigo nuevos acuerdos y compromisos políticos en el sentido de exigencias y fiscalización a los procesos industriales. Así las industrias, manufactureras principalmente, han ideado ejecutado planes productivos en donde se busque la eficiencia en sus procesos, tanto como en el uso y producción de energía y en el ahorro de materias primas. Con las nuevas exigencias en las técnicas de producción y el avance constante de la tecnología es que se generan nuevas soluciones a los desafíos industriales. Dentro de los nuevos desafíos que se han generado, se busca (a parte de la utilización de menos energía y la utilización de menos materias primas), reducir los desechos de los procesos, o tener un control de estos. Como modelo de solución de este desafío nace el concepto de la economía circular, la cual deja atrás a la economía lineal usada actualmente en gran parte del mundo. Dentro de los ciclos técnicos de la Economía Circular se encuentra la Remanufactura, este proceso industrial tiene el objetivo de recuperar el valor de los productos al final de su vida útil, utilizándolos como recursos para fabricar nuevos

productos de calidad, posee características y beneficios que la diferencian de los demás procesos industriales contenidos en la economía circular como la reutilización, reparación, reciclaje, entre otros.

La Remanufactura no es un método utilizado a gran escala en la actualidad en los países de Sudamérica, pero existen ejemplos donde la remanufactura ha generado sorprendentes rendimientos medioambientales y económicos.

Algunos productos son más convenientes que otros para ser remanufacturados, por ejemplo, los productos que tienen un ciclo tecnológico largo. Es con esta premisa que se desea comenzar una industria remanufacturera de motores eléctricos en Chile.

Es por esto que en el siguiente texto se describen el diseño y evaluación económica para la creación de un taller de remanufactura de motores eléctricos, este taller pretende estar a la altura de procesos de remanufactura internacionales de acuerdo a la industria 4.0, esto se puede lograr con la inclusión de tecnologías como el análisis de datos en la nube, interconexión de maquinarias o internet industrial, modelos 3D y robótica. También se pretende aplicar la máxima inclusión de tecnologías limpias y de eficiencia energética.

El proceso de remanufactura estará creado de acuerdo a la norma técnica EASA AR100-2015, la cual es una práctica recomendada para la reparación de máquinas eléctricas rotativas. Esta normativa define parámetros a los que se deben someter los talleres o industrias que deseen remanufacturar o reparar máquinas rotativas. Algunos de estos temas son:

- Condiciones de evaluación e investigación de fallos.
- Inspección y limpieza de los equipos.
- Verificación de las piezas de los equipos.
- Reparaciones mecánicas.
- Rebobinados.
- Pruebas eléctricas con y sin carga.

De acuerdo a esta normativa se crea un diagrama de bloques el cual pretende representar el flujo de un motor y en qué orden se hará cada proceso.

Acompañando a cada proceso se mostrará una estructura de datos conformada por módulos, en esta estructura tentativa en la cual se describe qué módulo acompaña a cada proceso y cuál es su objetivo.

Para le dimensionamiento eléctrico se tomaron en cuenta los equipos que consumen una potencia significativa, para así lograr diseñar el plano eléctrico del sistema con sus subsistemas pertinentes y el diseño de la subestación con sus respectivas protecciones.

Para finalizar se hace un estudio económico que desemboca en una evaluación económica, para este estudio se utilizan los costos de servicios, equipos y personal con lo cual se pretende obtener un gasto aproximado que permita dicha evaluación.

Para obtener los ingresos operacionales se utilizó un estudio de mercado de motores eléctricos con el cual se obtuvieron las cantidades estimadas de tipos de motores a remanufacturar según sus potencias.

Para finalizar se hace una evaluación económica utilizando el método VAN y TIR para así tomar la decisión de factibilidad del taller.

Objetivo general

- El objetivo general respecta al diseño y evaluación económica para la implementación de un taller de máquinas eléctricas con tecnología 4.0 bajo certificación EASA, para motores trifásicos de inducción y de corriente continua hasta una capacidad de 500 HP en una primera etapa.

Objetivos específicos

- Definir el dimensionamiento del sistema eléctrico del taller a partir de las cargas principales a utilizar.
- Diseño de un proceso de remanufactura general para motores AC y DC tomando como idea fundamental la economía de etapas.
- Diseño de un layout eficiente.
- Definir una arquitectura de procesos 4.0 para los procesos del taller, la adquisición y la creación de datos, permitiendo así la conectividad y posible externalización de procesos con otras empresas.
- Realizar evaluación económica para la implementación del proyecto tomando en cuenta los principales equipos a utilizar.

1 Antecedentes generales

En el siguiente capítulo se presentarán antecedentes previos del proyecto, específicamente descripciones de contextos históricos y definiciones de procesos que se utilizarán más adelante, para luego continuar con la descripción de una propuesta que pretende aprovechar el contexto actual de la industria chilena.

1.1 Antecedentes generales

Al querer desarrollar un taller que esté acorde a la industria actual, la industria 4.0, es que se hace una reseña histórica de la misma.

1.1.1 Revoluciones industriales

La primera revolución industrial [1], nace, entre 1760 y 1849, con la máquina a vapor y la mecanización del trabajo y la producción. La segunda revolución industrial, entre finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, con la producción en masa, gracias a la electricidad y las líneas de ensamblaje. La tercera revolución industrial nace, en la década de 1960, con las tecnologías de información digital, a través del desarrollo de los semiconductores, computadores personales y finalmente el internet en la década los 90s.

La característica principal de estas tres primeras revoluciones industriales es que se desarrollaron en momentos históricos particulares donde se consideraba que se contaba con recursos naturales infinitos además de creer que las emisiones de gases producidas en los procesos productivos no tendrían ninguna consecuencia sobre las personas y el medio ambiente.

Sin embargo, en los últimos años, el impacto que ha tenido la actividad humana sobre el cambio climático de nuestro planeta ha quedado plenamente demostrado, no solo a través de registros históricos que dan cuenta de un aumento en la temperatura del planeta desde el siglo XIX en 1°C, sino que además por los graves desastres naturales que hemos experimentado en los últimos años en distintas partes de nuestro planeta.

Es por esto que la nueva revolución industrial tiene que ofrecer un nuevo modelo productivo, económico y social que permita enfrentar esta grave amenaza de manera innovadora, eficiente y sustentable que no signifique hipotecar el futuro de nuestras futuras generaciones.

La Cuarta Revolución Industrial

La cuarta revolución industrial [1], combina las tecnologías conocidas hasta ahora, hasta el punto de diluir los límites entre lo físico, lo digital y lo biológico. Esta revolución no se define por un conjunto de tecnologías emergentes en sí mismas, sino por la transición hacia nuevos sistemas que están contruidos sobre la infraestructura de la revolución digital (anterior). Este cuarto giro trae consigo una tendencia a la automatización total de la manufactura; su nombre proviene, de hecho, de un proyecto de estrategia de alta tecnología del gobierno de Alemania, sobre el que trabajan desde 2013 para llevar su producción a una total independencia de la mano de obra humana. El principio básico es que las empresas podrán crear redes inteligentes que podrán controlarse a sí mismas, a lo largo de toda la cadena de valor.

La cuarta revolución industrial se caracteriza por la confluencia de tres grandes factores: primero, los avances tecnológicos desarrollados por la Industria 4.0; segundo, el cambio del modelo de producción, consumo y distribución desde un modelo lineal, basado en el ‘hacer-usar-tirar’, hacia una economía circular sostenible y responsable; y tercero, como se señaló anteriormente, enfrentar de manera efectiva la mayor amenaza a la que se ha visto expuesta el ser humano en toda su historia: el cambio climático.

1.1.2 Historia de la economía en Chile

La historia económica de Chile [1] ha estado marcada por los diferentes cambios políticos que ha experimentado el país. Desde los tiempos de la Colonia el modelo económico ha sido parte fundamental de las políticas internas, sufriendo diversos cambios a lo largo de la historia nacional, especialmente desde la última mitad del siglo XX, pasando de una economía de sustitución de importaciones, impulsada por los Gobiernos Radicales y de corte centro-izquierdista, a una economía de libre mercado, desarrollada tras el golpe militar de 1973 y que ha sido continuada por los Gobiernos democráticos desde 1990.

1810 – 1930 – La independencia de Chile, auge exportador y crisis [1]

Después del inicio del proceso independentista en Chile en 1810, la economía creció gracias a una combinación de políticas mercantilistas y de libre mercado. Las exportaciones agrícolas, principalmente trigo, fueron el pilar de la economía de exportación. A mediados de siglo, sin embargo, Chile se había convertido en uno de los productores principales de cobre en el mundo gracias a los minerales de las provincias de Coquimbo y Atacama. Después de la Guerra del Pacífico contra Bolivia y Perú (1879-1882), las minas de nitrato en áreas conquistadas durante la guerra se convirtieron en fuente de enormes ingresos, que fueron prodigados a importaciones, proyectos de trabajos públicos, educación, y, menos directamente, la extensión de un incipiente sector industrial.

Entre 1890 y 1924, las exportaciones de nitrato supusieron un promedio de aproximadamente un 25 % del Producto Interno Bruto (PIB) y los impuestos por exportaciones de nitrato representaron aproximadamente la mitad de los ingresos presupuestarios ordinarios del Estado

desde 1880 hasta 1920. Hacia 1910 Chile se había establecido como uno de los países más prósperos en América Latina.

1930 – 1970 – La gran depresión y la intervención del estado en la industria [1]

La dependencia de las exportaciones de salitre contribuyó a la inestabilidad financiera del país porque el volumen de gastos públicos dependió de los caprichos del mercado internacional de este producto. Chile afrontó una severa crisis interna cuando la prosperidad de salitre se terminó repentinamente durante la Primera Guerra Mundial a consecuencia de la invención de sustitutos sintéticos por científicos alemanes, a causa del bloqueo inglés de salitre a Alemania. Gradualmente, el cobre sustituyó al salitre como la materia de exportación principal de Chile. Usando nuevas tecnologías que hicieron factible la extracción de cobre de menor ley, las compañías de Estados Unidos compraron minas chilenas existentes para el desarrollo en gran escala.

Influidos profundamente por la Gran Depresión, muchos líderes nacionales promovieron el desarrollo de la industria local en un esfuerzo para aislar la economía chilena de futuros choques externos. Después de seis años de medidas de austeridad del gobierno, que tuvieron éxito en el restablecimiento de la solvencia del país, los chilenos eligieron durante el periodo entre 1938 y 1958 a una sucesión de gobiernos de centro y centroizquierda, interesados en la promoción del crecimiento económico por medio de la intervención pública.

Impulsado en parte por el Terremoto de Chillán de 1939, el gobierno del Frente Popular de Pedro Aguirre Cerda creó la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) con el fin de impulsar con subvenciones e inversiones directas, un programa ambicioso de industrialización de sustitución de importaciones. Por consiguiente, como en otros países latinoamericanos, el proteccionismo se hizo un aspecto firmemente enraizado de la economía chilena.

La industrialización de sustitución de importaciones fue afectada por el advenimiento de la Segunda Guerra Mundial y la pérdida de acceso a muchos productos importados. Las compañías estatales de energía eléctrica, acero, petróleo, y otras industrias pesadas también fueron creadas y se ampliaron durante los primeros años del proceso de industrialización, sobre todo bajo la dirección de CORFO.

A pesar de que al principio hubo impresionantes tasas de crecimiento, la industrialización de sustitución de importaciones no produjo una expansión sostenible del sector industrial. Con la industrialización el proceso desarrolló una serie de restricciones, mandos, y regulaciones a menudo contradictorias. Con el tiempo, las industrias encontraron que sus mercados eran limitados en una sociedad donde un porcentaje grande de la población era pobre y donde muchos habitantes rurales vivieron en los márgenes de la economía monetaria. El modelo económico no generó una industria de bienes de equipo viables porque las firmas confiaron en importaciones de capital a menudo anticuadas y bienes intermedios. La supervivencia a menudo dependía de subvenciones estatales o protección estatal. De hecho, era debido a estas restricciones de importación que muchas de las industrias domésticas eran capaces de sobrevivir. Por ejemplo, varios estudios relativos han indicado que Chile tenía una de las más

altas, y más variables, estructuras proteccionarias en el mundo en vías de desarrollo. Como una consecuencia, muchas, si no las más, de las industrias creadas conforme a la estrategia de industrialización de sustitución de importaciones eran ineficaces. También, ha sido argumentado que esta estrategia condujo al uso de producción muy costosa, que, entre otras ineficiencias, obstaculizaba la creación de trabajo.

Durante el período de industrialización de sustitución de importaciones, el cobre siguió siendo la materia de exportación principal y la fuente del mercado de divisas, así como un generador importante de ingresos del gobierno. La parte retenida del gobierno chileno del valor de la salida de cobre aumentó de aproximadamente un cuarto en 1925 a un 80 % en 1970, principalmente debido a impuestos más altos. Aunque las mejores políticas proteccionistas aislaron a Chile de los choques ocasionales de mercados de materias primas mundiales, los cambios de precios siguieron tomando su peaje.

1950 – 1970 – La industrialización [1]

Entre 1950 y 1970, la economía chilena crecía a niveles marginales. El PIB creció en un promedio del 3,8 % por año, mientras que el verdadero PIB per cápita aumentó en un promedio anual del 1,6 %. Durante este período, la interpretación económica de Chile era la más pesimista en América Latina.

Uno de los objetivos que perseguía el modelo ISI era que el país disminuyera las relaciones exteriores para fomentar el crecimiento interno. Pero según datos de la OXLAD, entre 1950 y 1970 las exportaciones de Chile aumentaron en relación a su PIB y por lo tanto no se consiguió.

Como en la mayoría de los casos históricos, la estrategia de sustitución de importaciones de Chile fue acompañada por una supervaloración aguda del dinero doméstico que impidió el desarrollo vigoroso de las exportaciones no tradicionales (es decir, aquellas que no tuvieran relación con el cobre). Aunque se intentó una reforma agraria, el gobierno cada vez más recurrió al control de precios agrícolas a fin de subvencionar el funcionamiento urbano y clases medias. El sector agrícola fue en particular afectado por la supervaloración del dinero de Chile. El revestimiento de la agricultura fue, de hecho, uno de los síntomas más sensibles de los problemas económicos de Chile de los años 1950 y los años 1960. Durante este período la extracción y fabricación a partir del cobre aumentó considerablemente sus exportaciones totales.

El modelo de sustitución de importaciones buscaba reducir en un primer momento las importaciones de bienes de consumo, y posteriormente las de bienes intermedios y de capital. Sin embargo, los datos de la OXLAD nos permiten ver que tampoco se consiguió lo que se pretendía. La importación de bienes de consumo aumentó ligeramente, aunque menos que la de bienes de capital (necesarios para llevar a cabo la industrialización que buscaba el modelo); y los bienes intermedios perdieron peso en un primer momento para comenzar a coger importancia otra vez en la década de los sesenta.

Antes de 1960, la mayor parte de las substituciones fáciles y obvias de bienes importados habían sido hechas ya; el proceso de la substitución de importaciones se hacía rápidamente menos dinámico. Por ejemplo, entre el total de 1950 y 1960 la verdadera producción industrial creció en una tasa anual de sólo el 3,5 %, menos de la mitad del promedio de la década anterior.

Durante los años 1950, la inflación, que había sido un problema crónico en Chile desde al menos los años 1880, se hizo particularmente seria; el índice de precios aumentó y marcó un promedio del 36 % por año durante la década, alcanzando un máximo del 84 % en 1955. La fuente principal de la presión inflacionista en la economía chilena era una política fiscal notablemente floja. La historia económica de Chile ha estado marcada por tentativas fracasadas de contener la inflación. Durante los años 1950 y los años 1960, se lanzaron tres programas de estabilización principales, uno en cada administración. El aspecto común de estos esfuerzos era el hincapié hecho en el abordaje de varias consecuencias de presiones inflacionistas, como precios, salarios, y aumentos de tipo de cambio, más bien que la causa primordial del crecimiento de dinero, la monetización del déficit fiscal. A pesar de los esfuerzos de los presidentes Carlos Ibáñez del Campo (1927-31, 1952-58) y Jorge Alessandri Rodríguez (1958-64), la inflación tuvo un promedio del 31 % por año durante estas dos décadas. En 1970, el último año del gobierno del presidente Eduardo Frei Montalva (1964-70), la tasa de inflación llegó al 35 %.

Durante los años 1960, y sobre todo durante la administración Frei Montalva, fueron lanzados algunos esfuerzos para reformar la economía. Estos incluyeron una reforma agraria, una liberalización limitada del sector externo, y una política de minidevaluaciones que apuntaban a la prevención de la erosión del tipo de cambio real. Conforme a la Ley de Reforma Agraria de 1962, se creó la Corporación de la Reforma Agraria (CORA) para manejar la distribución, pero la reforma agraria resultó ser lenta y cara. A pesar de estos y otras reformas, hacia finales de los años 1960 parecía que la interpretación de la economía no había mejorado en relación a los veinte años anteriores. Además, la economía aún era fuertemente regulada.

1975 – 1981 – Dictadura militar y reformas neo-liberales [1]

Después de que los militares asumieron el gobierno en septiembre de 1973, hubo un año y medio de abandono benigno de la economía cuando el régimen consolidó su poder. En abril de 1975, los llamados "Chicago Boys" tomaron el control de la política económica, y comenzó un período de grandes cambios económicos. Chile fue transformado gradualmente de una economía aislada del resto del mundo, con la intervención fuerte del gobierno en una economía integrada liberalizada, mundial, donde las fuerzas de mercado fueron dejadas libres de dirigir la mayor parte de las decisiones de la economía. Este período fue caracterizado por varios logros económicos importantes, sostenidos por el apoyo de la administración estadounidense: se redujo la inflación enormemente, el déficit público fue prácticamente eliminado, la economía pasó por una drástica liberalización de su sector exterior, y se estableció un sistema de mercado fuerte. Junto con estos logros, las caídas ocurrieron en el nivel de vida de los ciudadanos más pobres, la pobreza creció dramáticamente, los salarios disminuyeron, y el hueco entre rico y pobre se ensanchó considerablemente.

Desde un punto de vista económico, la era del general Augusto Pinochet Ugarte (1973-90) puede ser dividida en dos períodos. El primero, desde 1975 hasta 1981, corresponde al período en el que se pusieron en práctica la mayor parte de las reformas. El período concluyó con la crisis de deuda internacional y el colapso de la economía chilena. En aquel punto, el desempleo era muy alto, por encima del 20 %, y una proporción grande del sector bancario había quebrado. Durante este período, una política económica pragmática que enfatizó en la extensión de exportaciones y el crecimiento fue puesta en práctica. El segundo período, desde 1982 hasta 1990, se caracterizó por la recuperación económica y un movimiento adicional hacia una economía libre de mercado, aunque en un paso más lento que aquel de principios de los años 1980.

Política comercial [1]

Uno de los objetivos económicos fundamentales del régimen militar fue abrir la economía al resto del mundo. Sin embargo, este no era la primera tentativa en la liberalización del comercio internacional en Chile. Entre 1950 y 1970, el país pasó por tres tentativas de liberalización comercial sin alcanzar la liberalización completa. Además, tres tentativas rápidamente se terminaron en la frustración y en una reversión a controles de divisas, el uso de tipos de cambio múltiples, y restricciones cuantitativas masivas. Un rasgo en particular interesante de las tres tentativas en la liberalización es que, aunque ocurrieran bajo tres sistemas de tipo de cambio diferentes, todos sufrieron un colapso, al menos en parte debido a un verdadero tipo de cambio muy supervalorado.

A inicios de 1974, Chile adoptó unilateralmente un régimen comercial abierto caracterizado por bajas aranceles en las tarifas de importación, una carencia de cambio o mandos comerciales, y restricciones mínimas al movimiento de capitales. A inicios de 1979, la política comercial de Chile se liberalizó; posteriormente, no había restricciones cuantitativas, licencias, o prohibiciones. Un impuesto de importación uniforme que varía entre el 10 % y el 35 % entró en vigor, y, hasta 1980, el verdadero tipo de cambio sobre la valoración generalmente era evitado. Hacia 1990 Chile era el único país, según el Banco Mundial, cuyo índice de liberalización alcanzó el nivel posible máximo de 20, indicando una ausencia de la deformación de sector externo.

En 1973, las tarifas de importación hicieron un promedio del 105 % y fueron muy dispersas, con algunos bienes sujetos a tarifas nominales de más del 700 % y otros totalmente eximidos de derechos de importación. Además de tarifas, una batería de restricciones cuantitativas fue aplicada, incluso prohibiciones de importación absolutas y depósitos de importación previos de hasta el 10.000 %. Estas medidas protectoras fueron complementadas por un sistema de tipo de cambio múltiple y que consiste en quince tipos de cambio nominales diferentes. Hacia agosto de 1975, todas las restricciones cuantitativas habían sido eliminadas, y la tarifa media había sido reducida al 44 %. Este proceso de reducciones de tarifa siguió hasta junio de 1979, cuando todas las tarifas fueron fijadas en el 10 %. A mediados de los años 1980, en medio de la crisis de deudas, las excursiones de tarifa temporales fueron puestas en práctica; hacia 1989, sin embargo, un nivel uniforme del 15 % había sido establecido.

Durante el primer período (1975-1979) del régimen militar, la apertura del sector externo de Chile fue acompañado por un tipo de cambio real fuertemente depreciado. En 1979, sin embargo, las autoridades adoptaron una política de tipo de cambio fijo que resultó en una aguda sobrevaloración del peso chileno, la pérdida de competitividad internacional, y, en 1982, una profunda crisis económica. En 1984 y 1985 esta situación se revirtió, y se implantó una política de depreciación y tasas de cambio real altamente competitivas. La combinación de estas dos políticas - bajas tarifas y una tasa de cambio real competitiva - tuvieron un impacto significativo en la estructura económica chilena. La participación de las manufacturas en el PIB cayó de cerca del 29 % en 1974 al 22 % en 1981. La productividad en los sectores transables creció sustancialmente, y las exportaciones se diversificaron. Chile buscó también nuevos mercados de exportación, de modo que ningún mercado individual comprara más del 20 % de las exportaciones totales del país. En la década de los 90, las exportaciones se habían convertido en el motor del crecimiento, y la reforma comercial chilena fue apreciada por instituciones multinacionales y observadores de diferentes tendencias ideológicas. Gracias al auge de las exportaciones entre 1986 y 1991, y en particular al creciente aumento de las exportaciones de frutas frescas y productos manufacturados, Chile experimentó la mayor tasa de crecimiento del PIB en América Latina (denominado Milagro de Chile), con un incremento anual del 4,2 %.

1.1.3 Industria 4.0

Si la tercera revolución industrial fue/es conocida como la ‘revolución de los bits’, la cuarta revolución industrial será conocida como la ‘revolución de los átomos’. Esto debido a que la Industria 4.0 [2] ha permitido la unión entre software y hardware como nunca antes en la historia del desarrollo tecnológico.

La principal característica de la Industria 4.0 es la interconexión de procesos, productos y servicios, a través de la utilización masiva e intensiva de internet móvil, sensores e inteligencia artificial, permitiendo la optimización de la eficiencia energética, confiabilidad y disponibilidad de productos y servicios a través de distintas industrias.

El desarrollo tecnológico ha democratizado el acceso a herramientas de diseño y fabricación, a través de la masificación del internet y la reducción de precios de software de simulación y equipos de impresión 3D, dando paso incluso a una nueva generación de emprendedores, denominados “makers”, que están revolucionando el actual modelo de fabricación (basado principalmente en la estandarización y grandes volúmenes de producción), desarrollando nuevos modelos de negocio que permiten una mayor flexibilidad, menores volúmenes de producción y mayor personalización de los productos y servicios de acuerdo a las necesidades de cada usuario o industria.

Uno de los principales puentes entre el mundo físico y el virtual en la Industria 4.0 es el Internet de las Cosas (“Internet of Things”). La reducción de los costos de producción de sensores ha permitido la conexión masiva de billones de estos instrumentos a productos utilizados en distintas industrias alrededor del mundo, lo que ha significado un cambio radical en el modelo de consumo, producción y distribución a nivel global, redefiniendo la manera cómo nos

relacionamos con los productos y servicios, permitiendo la optimización operacional a través del monitoreo en línea de los mismos.

Los nueve pilares de la industria 4.0

A continuación se describirá y analizará el potencial y los beneficios de las nueve tecnologías en la que se sustenta la Industria 4.0, estos pilares están ilustrados en la Figura 1-1.

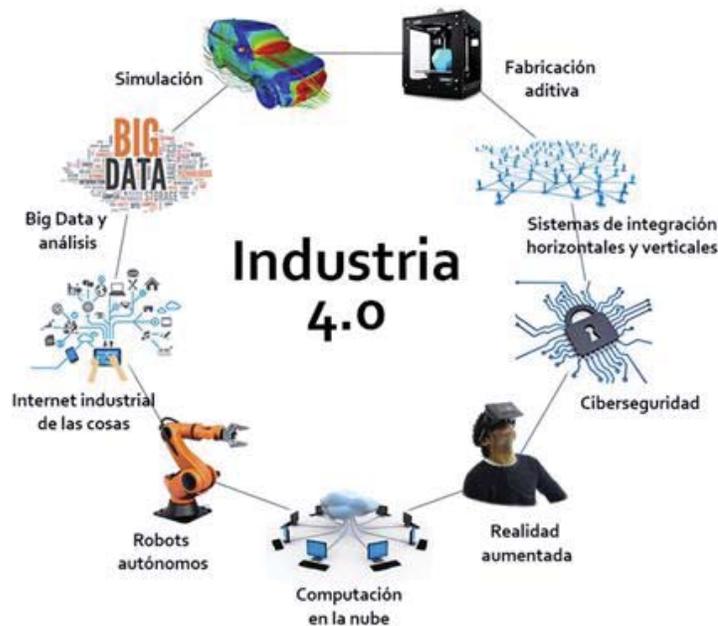


Figura 1-1: Los nueve pilares tecnológicos de la Industria 4.0

Big Data y análisis

El análisis de grandes cantidades de datos ha surgido recientemente en el mundo industrial, permitiendo optimizar la calidad de la producción, ahorrar energía y mejorar el equipamiento. En la industria 4.0, la obtención y exhaustiva evaluación de datos proveniente de numerosas fuentes distintas (equipos y sistemas de producción, sistemas de gestión de clientes...) se convertirá en norma para el apoyo de toma de decisiones en tiempo real.

Robots autónomos

Muchas industrias han usado robots desde hace mucho tiempo para abordar tareas complejas, pero es ahora cuando los robots industriales están evolucionando para alcanzar una mayor utilidad. Cada vez son más autónomos, flexibles y cooperativos hasta tal punto que interactuarán con otros robots y trabajaran lado a lado con humanos de forma segura, aprendiendo de ellos. Estos robots costarán menos y tendrán más capacidades que los usados actualmente en la fabricación.

Simulación

En la fase de ingeniería, ya se usan hoy día simulaciones 3D de productos, materiales y procesos de producción. Pero en el futuro las simulaciones se usarán también más extensivamente en operaciones de planta. Estas simulaciones explotarán datos en tiempo real que reflejarán el mundo físico en un modelo virtual, el cual incluirá máquinas, productos y humanos. Esto permitirá a los operadores realizar pruebas y optimizar las configuraciones de las máquinas para el producto siguiente en la línea de producción virtual antes de cualquier cambio en el mundo físico, reduciendo así los tiempos de configuración de las máquinas y aumentando la calidad.

Sistemas de integración horizontal y vertical

La mayoría de los sistemas IT (tecnología informática) no están plenamente integrados actualmente. Las compañías, los distribuidores y los clientes no suelen estar estrechamente vinculados. Tampoco los departamentos como los de ingeniería, producción o servicio. Las funciones desde la empresa hasta el nivel de planta no están totalmente integradas. Incluso el departamento de ingeniería en sí (producto-planta-automatización) carece de completa integración. Sin embargo, con la Industria 4.0 las compañías, los departamentos, las funciones y las capacidades estarán mucho más cohesionadas. Redes universales de integración de datos evolucionarán y permitirán cadenas de valor verdaderamente automatizadas.

Internet industrial de las cosas

A día de hoy, solo algunos sensores y máquinas trabajan en red y hacen uso de computación empotrada. Típicamente están organizados en una pirámide de automatización vertical en el cual los sensores, los dispositivos de campo con inteligencia limitada y los controladores de automatización están gobernados por un sistema de control global. Con el Internet Industrial de las Cosas, un mayor número de dispositivos (a veces, incluso productos no terminados) se enriquecerán de la computación empotrada y se conectarán a través de estándares tecnológicos. Esto permitirá a los dispositivos de campo comunicarse e interactuar tanto con otros iguales a ellos como con controladores más centralizados, según sea necesario. También descentraliza el análisis y la toma de decisiones, lo que permitirá respuestas en tiempo real.

Ciberseguridad

Muchas compañías todavía dependen de sistemas de gestión y producción desconectados o cerrados. Pero con la creciente conectividad y uso de protocolos de comunicación estándar que conlleva la Industria 4.0, la necesidad de proteger los sistemas industriales críticos y líneas de fabricación de las amenazas de ciberseguridad aumentan dramáticamente. Como resultado, son esenciales tanto comunicaciones seguras y fiables, como sofisticados sistemas de gestión de identidad y acceso de máquinas y usuarios.

Computación en la nube

Las compañías ya usan software basado en la nube para algunas aplicaciones de empresa y de análisis, pero con la Industria 4.0 un mayor número de tareas relacionadas con la producción requerirán mayor intercambio de datos entre lugares y compañías. Al mismo tiempo, el rendimiento de las tecnologías en la nube mejorará, alcanzando tiempos de reacción de sólo unos milisegundos. Como resultado, los datos y la funcionalidad de las máquinas irán poco a poco haciendo uso cada vez más de la computación en la nube, permitiendo más servicios basados en datos para los sistemas de producción. Incluso los sistemas de monitorización y control de procesos podrán estar basados en la nube.

Fabricación aditiva

Las compañías acaban de empezar a adoptar la fabricación aditiva, como por ejemplo la impresión 3D, la cual es usada mayormente para crear prototipos y producir componentes individuales. Con la Industria 4.0, estos métodos de fabricación aditiva serán ampliamente usados para producir pequeños lotes de productos personalizados que ofrecen ventajas de construcción, como son los diseños ligeros y complejos. Los sistemas de fabricación aditiva descentralizados, de alto rendimiento, reducirán las distancias de transporte y el stock.

Realidad aumentada

Los sistemas basados en realidad aumentada soportan una gran variedad de servicios, como por ejemplo la selección de piezas en un almacén y el envío de instrucciones de reparación a través de dispositivos móviles. Estos sistemas se encuentran aún en sus primeros pasos, pero en el futuro las compañías harán un uso mucho más amplio de la realidad aumentada para proporcionar a los trabajadores información en tiempo real con el objetivo de mejorar la toma de decisiones y los procedimientos de trabajo. Por ejemplo, los trabajadores podrían recibir instrucciones de cómo sustituir una pieza en particular mientras están mirando el propio sistema bajo reparación, a través de unas gafas de realidad aumentada por ejemplo. Otra aplicación podría ser la formación de trabajadores de forma virtual.

1.1.4 Economía circular

El presente modelo económico lineal de “tomar, hacer, desechar” se basa en disponer de grandes cantidades de energía y otros recursos baratos y de fácil acceso, pero está llegando al límite de su capacidad física. La economía circular [2] [3] es una alternativa atractiva y viable que ya han empezado a explorar distintas empresas.

La economía circular (en inglés “Circular Economy” o CE) es una estrategia que tiene por objeto reducir tanto la entrada de los materiales como la producción de desechos vírgenes, cerrando los “bucles” o flujos económicos y ecológicos de los recursos. La CE es reparadora, regenerativa y sostenible, pretende conseguir que los productos, componentes y recursos en general mantengan su utilidad y valor en todo momento. Se basa en tres principios fundamentales: uso de energías renovables, eficiencia energética y usos eficiente y responsable de los recursos. Este concepto distingue entre ciclos técnicos y biológicos.

Principios

La economía circular proporciona múltiples mecanismos de creación de valor no vinculados al consumo de recursos finitos. En una verdadera economía circular, el consumo solo se produce en ciclos biológicos eficaces; por lo demás, el uso sustituye al consumo. Los recursos se regeneran dentro del ciclo biológico o se recuperan y restauran gracias al ciclo técnico. Dentro del ciclo biológico, distintos procesos permiten regenerar los materiales descartados, pese a la intervención humana o sin que esta sea necesaria. En el ciclo técnico, con la suficiente energía disponible, la intervención humana recupera los distintos recursos y recrea el orden, dentro de la escala temporal que se plantee. Mantener o aumentar el capital supone características diferentes en ambos ciclos.

La economía circular se basa en tres principios clave, cada uno de los cuales aborda varios de los retos en términos de recursos y del sistema a los que han de hacer frente las economías industriales.

Principio 1: Preservar y mejorar el capital natural

Esto se lleva a cabo controlando existencias finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables.

Todo comienza desmaterializando la utilidad: proporcionando utilidad de forma virtual, siempre que sea posible. Cuando se necesiten recursos, el sistema circular los selecciona sabiamente y elige las tecnologías y procesos que empleen recursos renovables o que tengan mejores resultados, siempre esto sea factible. Además, una economía circular mejora el capital natural potenciando el flujo de nutrientes del sistema y creando condiciones que, por ejemplo, permitan la regeneración del suelo.

Principio 2: Optimizar el uso de los recursos

Esto se lleva a cabo rotando productos, componentes y materiales con la máxima utilidad en todo momento, tanto en los ciclos técnicos como en los biológicos.

Esto supone diseñar de modo que pueda repetirse el proceso de fabricación, restauración y reciclaje de modo que los componentes y materiales recirculen y sigan contribuyendo a la economía.

Los sistemas circulares emplean bucles internos más ajustados siempre que estos puedan preservar más energía y otros valores, tales como el trabajo incorporado. Este tipo de sistemas reduce la velocidad de rotación de los productos al incrementar su vida útil y fomentar su reutilización. A su vez, la acción de compartir hace que se incremente la utilización de los productos. Los sistemas circulares maximizan el uso de materiales con base biológica al final de su vida útil, al extraer valiosos elementos bioquímicos y hacer que pasen en cascada a otras aplicaciones diferentes y cada vez más básicas.

Principio 3: Fomentar la eficacia del sistema

Esto se lleva a cabo revelando y eliminando externalidades negativas.

Lo anterior incluye reducir los daños al uso humano, tales como los relacionados con los alimentos, la movilidad, la vivienda, la educación, la salud y el ocio, y gestionar externalidades tales como el uso del terreno, la contaminación atmosférica, de las aguas y acústica, la emisión de sustancias tóxicas y el cambio climático

Características

Si bien los principios de la economía circular actúan como principios de acción, las siguientes características fundamentales describen lo que sería una economía estrictamente circular.

Diseñar sin residuos

Los residuos no existen cuando los componentes biológicos y técnicos (o «materiales») de un producto se diseñan con el fin de adaptarse dentro de un ciclo de materiales biológicos o técnicos, y se diseñan para el desmontaje y la readaptación. Los materiales biológicos no son tóxicos y pueden compostarse fácilmente. Los materiales técnicos (polímeros, aleaciones y otros materiales artificiales), están diseñados para volver a utilizarse con una mínima energía y la máxima retención de la calidad (mientras que el reciclaje, tal como se entiende habitualmente, provoca una reducción de la calidad y vuelve al proceso como materia prima en bruto).

Aumentar la resiliencia por medio de la diversidad

La modularidad, la versatilidad y la adaptabilidad son características muy apreciadas a las que debe darse prioridad en un mundo incierto y en rápida evolución. Los sistemas diversos con muchas conexiones y escalas son más resilientes a los impactos externos que los sistemas construidos simplemente para maximizar la eficiencia y el rendimiento con resultados de fragilidad extremos.

Trabajar hacia un uso de energía de fuentes renovables

Los sistemas deberían tratar de funcionar fundamentalmente a partir de energía renovable, lo que sería posible por los valores reducidos de energía que precisa una economía circular restaurativa. El sistema de producción agrícola funciona a partir de la actual energía del sol, pero cantidades significativas de combustibles fósiles se utilizan en los fertilizantes, maquinaria agrícola, procesos y a través de la cadena de suministro. Unos sistemas de alimentación y agricultura más integrados reducirían la necesidad de insumos basados en combustibles fósiles y aprovecharían más el valor energético de los subproductos y estiércoles.

Pensar en «sistemas»

La capacidad de comprender cómo influyen entre sí las partes dentro de un todo y la relación del todo con las partes, resulta fundamental. Los elementos se consideran en relación con sus contextos medioambientales y sociales. Aunque una máquina también es un sistema, está

claramente estrictamente limitada y se supone que es determinista. El pensamiento de sistemas se refiere normalmente a la inmensa mayoría de los sistemas del mundo real: no son lineales, tienen una gran retroalimentación y son interdependientes. En dichos sistemas, las condiciones de partida imprecisas unidas a la retroalimentación producen con frecuencia consecuencias sorprendentes y resultados que muchas veces no son proporcionales a la entrada (retroalimentación continua o «sin amortiguación»). Dichos sistemas no pueden gestionarse en el sentido «lineal» convencional, sino que precisan una mayor flexibilidad y una adaptación más frecuente a las circunstancias cambiantes.

Pensar en cascadas

Para los materiales biológicos, la esencia de la creación de valor consiste en la oportunidad de extraer valor adicional de productos y materiales mediante su paso en cascada por otras aplicaciones. En la descomposición biológica, ya sea natural o en procesos de fermentación controlados, el material se descompone en fases por microorganismos, como bacterias y hongos, que extraen la energía y los nutrientes de los hidratos de carbono, grasas y proteínas que se encuentran en el material. Por ejemplo, pasar del árbol al horno priva del valor que podría obtenerse mediante una descomposición en fases, mediante usos sucesivos como madera y productos de madera antes de su deterioro y eventual incineración.

Diagrama de economía circular como sistema

Una economía circular busca reconstruir capital, ya sea financiero, manufacturado, humano, social o natural. Esto asegura un mayor flujo de bienes y servicios. El diagrama de la Figura 1-2 ilustra el flujo continuo de materiales técnicos y biológicos a través del "círculo de valores".

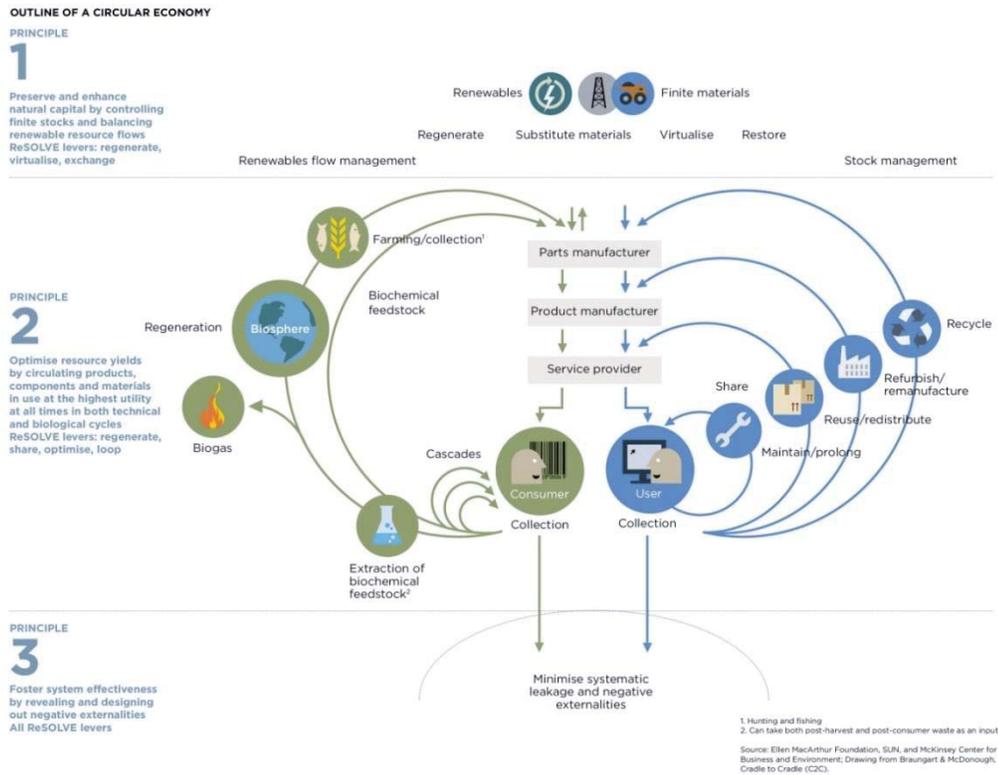


Figura 1-2: Diagrama de la Economía Circular [2] [3].

1.1.5 Remanufactura

La remanufactura [4] es la forma de reciclaje en la que los componentes recuperados de los productos de desecho que han perdido su vida útil se utilizan como recursos para fabricar nuevos productos de calidad. El objetivo es reintegrar el máximo valor intrínseco de un producto en un sistema multi-ciclos. La remanufactura forma parte de las propuestas de la Economía Circular. Persigue y permite el cambio de la economía lineal (extraer, producir, usar y tirar) hacia un modelo circular.

Muchos productos pueden ser remanufacturados, numerosos ejemplos existen en diversos sectores de la industria con sorprendentes rendimientos económicos y medioambientales. Es importante tener en cuenta que algunos productos son más adecuados para la remanufactura que otros. Por ejemplo, resulta muy interesante aplicar un proceso de remanufacturado a productos que tienen un ciclo tecnológico largo. En cambio, la aplicación de la remanufactura puede no ser tan relevante en productos muy recientes de los que se dispone de pocas cantidades para alimentar la cadena de suministro inversa.

Por lo tanto, es necesario estudiar no sólo la tipología del producto, sino también otros elementos que interactúan con su ciclo de vida completo, teniendo en cuenta igualmente el modelo de negocio de la empresa.

Las estrategias claves de la remanufactura

Un proceso de remanufactura eficiente se basa en 3 estrategias clave:

1. La cadena de suministro inversa.
Recoger el producto utilizado desde el lugar de depósito manteniendo intacto su valor intrínseco y optimizar la colaboración entre los participantes de la cadena de suministro.
2. El producto.
Optimizar el proceso de Remanufactura y aplicar los métodos de diseño para remanufactura.
3. El modelo de negocio.
Tener en cuenta la experiencia de los usuarios y la estrategia de la empresa. Construir y desarrollar modelos de negocio sostenibles.

Un área en crecimiento

El contexto económico actual, en el que la materia prima escasea y el precio de la energía fluctúa, junto con la evolución de la tecnología y la mejor aceptación de los productos reutilizados, favorece el desarrollo de modelos de negocio innovadores. Los pioneros de hoy en el campo de la remanufactura serán los líderes del mañana.

La remanufactura no es un fenómeno con gran potencial sino una tendencia en crecimiento. La Remanufactura no está todavía muy extendida y es poco conocida por el consumidor, pero posee una sólida experiencia en ciertos ámbitos. Algunos ejemplos industriales cuentan con más de 25 años de experiencia, inspirando así el desarrollo de este tipo de actividades en nuevos productos tanto en el ámbito profesional (ej.: máquinas de impresión industrial) como en productos para el consumidor (ej.: electrodomésticos).

Acciones para promover la remanufactura

Las siguientes cuestiones son actualmente objeto de debate y van a influir sustancialmente en el desarrollo de la remanufactura en el futuro:

Por parte de los gobiernos

- Adoptar una definición común de remanufactura.
- Clarificar la legislación para distinguir un producto en fin de vida que puede ser remanufacturado de aquel que es considerado como un residuo (cuyo estatuto imposibilita su reutilización).
- Disminuir los impuestos relacionados con las actividades (trabajo o formación) que permitan prolongar la vida de los productos, como la remanufactura.
- Apoyar a las PYME en la incorporación de la Remanufactura en su plan de negocio, proponiendo incentivos específicos.

- Considerar la creación de una certificación para los productos remanufacturados con el fin de demostrar que los productos han sido probados y cumplen plenamente con las mismas normas que un producto nuevo.
- Estudiar la posibilidad de establecer un incentivo fiscal por la compra de productos remanufacturados.

Por parte de las empresas

- Integrar la remanufactura durante todo el proceso de industrial mediante la introducción de diferentes métodos y herramientas de Diseño para la Remanufactura (Design for Remanufacturing), los cuales tienen en consideración diversos aspectos como el desmontaje de los productos, sus actualizaciones futuras o el seguimiento de componentes durante todo el sistema multi-ciclo, entre otros.
- Intercambiar información con otras empresas para poder compartir los servicios logísticos con las mismas.
- Ser partícipe de la evolución legislativa sobre patentes y propiedad intelectual de productos Remanufacturados.

Por parte de las organizaciones de gestión de residuos

- Apoyar a los diferentes actores de la cadena de suministro inversa de manera que los productos al final de su vida útil puedan llegar de manera rápida y barata a las organizaciones en cargo de la Remanufactura, conservando el valor y la calidad de los productos.
- Informar sobre los beneficios de Remanufactura a los usuarios y la sociedad en general.

Principios

La Remanufactura y la Economía Circular

En las múltiples etapas de la recuperación de valor de la Economía Circular, los productos pueden ser Reutilizados, Reparados, Restaurados, Remanufacturados o Reciclados.

El modelo de Economía Circular aplicado a la remanufactura se basa en la reutilización de productos y componentes que llegan a su fin de vida útil siendo utilizados como recursos para hacer nuevos o mejorados productos. En la Figura 1-3 se muestran las etapas de recuperación de valor de la Economía Circular.

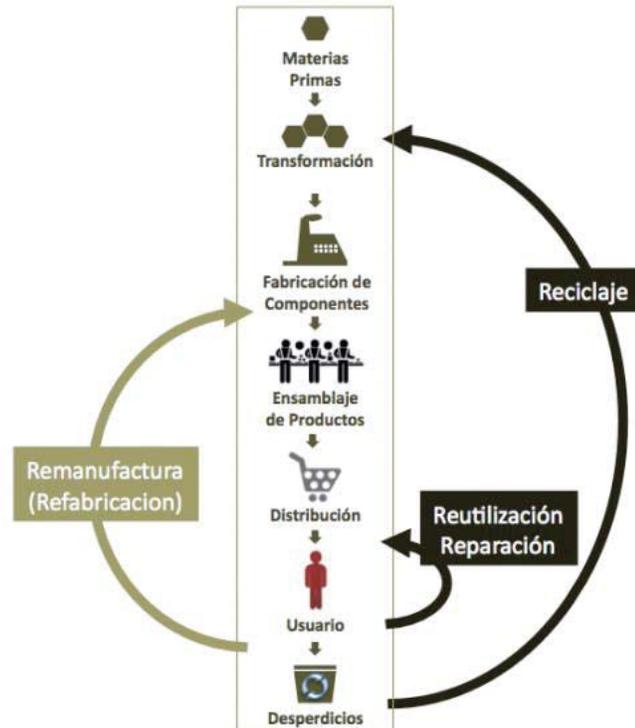


Figura 1-3: Etapas de recuperación de valor de la Economía Circular [4].

La remanufactura es un proceso industrial muy bien definido. Este proceso industrial consiste en la restauración de un producto o componente desgastado (averiado, al final de su vida útil, obsoleto o en estado de desecho) a un nivel de prestación y calidad igual o superior a los de un producto nuevo; ofreciendo al usuario una garantía igual o superior a la de un producto nuevo.

La Remanufactura permite recuperar una gran parte del valor del producto en forma de materiales, energía y conocimiento almacenado en el producto durante su proceso de diseño y fabricación. En la Figura 1-4 se muestra el nivel de ahorro en los aspectos de materiales procesados, energía y conocimiento.

● **Un nuevo producto requiere:**



● **Ahorro mediante el reciclaje :**



● **Ahorro mediante la Remanufactura :**

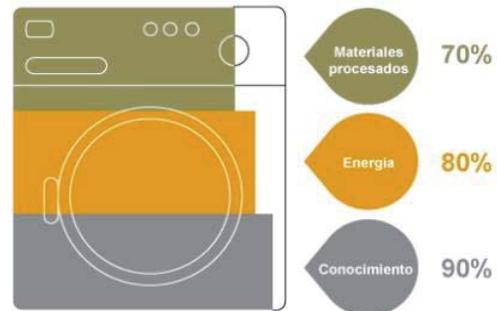


Figura 1-4: Niveles de ahorro de la remanufactura [4].

Se puede apreciar que la remanufactura ahorra considerablemente muchos recursos industriales en comparación con la fabricación de un producto nuevo.

A diferencia del proceso de reciclaje que recupera sólo una parte de los materiales y la energía del producto, la remanufactura evita pasar nuevamente por las fases industriales convencionales del desarrollo y fabricación necesarias para la manufactura de un producto nuevo y además permite recuperar la mayor parte de los materiales, energía, y los conocimientos que se ha incorporado en el producto durante su diseño y fabricación, reutilizándolos en un nuevo ciclo de vida.

Producir un nuevo producto requiere un alto consumo de materiales y energía, la mayoría de los cuales no están intrínsecamente en el propio producto final, como los consumibles industriales (petróleo, calor, electricidad, agua, etc.) y la infraestructura soporte (programas informáticos, transportes, etc.)

Estos elementos consumidos durante la fase de desarrollo no pueden ser recuperados en ninguno de los ciclos de la Economía Circular.

El proceso de remanufactura requiere un consumo mucho menor que el de generar un producto nuevo. Evita el uso significativo de materias primas y permite una disminución del consumo de la energía y la información que se necesita para las iteraciones de desarrollo y fabricación de nuevos productos.

Etapas del proceso

El proceso de remanufactura [4] se descompone en 7 etapas principales. Estas etapas se muestran en la Figura 1-5.



Figura 1-5: Etapas de la remanufactura [4].

Las ventajas de la remanufactura

Para el consumidor

- Un producto asequible.
El consumidor tiene acceso a un producto de marca de calidad a un precio inferior.
- Un producto a la vanguardia de la tecnología.
Mediante una oferta de servicios a corto plazo, el cliente tiene acceso a los últimos desarrollos tecnológicos, estéticos y funcionales con más - frecuencia que con un producto diseñado para un ciclo de vida largo.
- Un producto de calidad superior.
Los expertos afirman que los productos remanufacturados son de mayor calidad que los productos nuevos. Esto es debido al elevado número de fases de inspección y de control de calidad que los productos realizan, generalmente mayor que en los nuevos productos. Además, el fabricante ha diseñado los productos para que duren.
- Mejor servicio posventa.
Una amplia gama de servicios posventa pueden ser ofrecidos mediante contrato, como por ejemplo una opción con sustitución del producto el mismo día.
- Acceso a productos ecológicos.

El consumidor tiene acceso a productos y/o servicios más ecológicos en comparación con los productos actuales.

Para la empresa

- Reducción en los costes de fabricación.
Los fabricantes quieren reducir costes. Mediante la remanufactura se pueden ahorrar importantes sumas mediante la recolección de los componentes de los productos al final de su vida útil. La remanufactura posibilita la reducción de costes asociados a la obtención de materia prima así como los requerimientos de energía necesarios para fabricar nuevos productos.
- Creación de nuevas líneas de productos y servicios.
Los productos remanufacturados pueden conducir a la creación de nuevas líneas de productos combinados con nuevos servicios ofrecidos a los usuarios.
- Internalización de los ingresos.
Mediante la gestión de las actividades propias al proceso de remanufactura el fabricante evita que otras empresas externas se aprovechen del valor añadido original del producto.
- Mejora de la productividad.
Mediante el diseño de productos específicos para la remanufactura se optimiza la ingeniería inversa (diseño para el desmontaje, diseño para la logística inversa, etc.) que las futuras gamas de productos podrán aprovechar.
- Productos de mayor calidad.
Mediante el análisis de grandes volúmenes de productos recuperados, los departamentos de ingeniería adquieren un mayor conocimiento sobre las funciones a mejorar para las próximas generaciones de productos nuevos o remanufacturados.
- Lealtad de los clientes.
Proponiendo nuevos servicios relacionados con los productos remanufacturados (leasing, Servicio Post-Venta Premium, etc.) el fabricante desarrollará una relación más estrecha con sus clientes.
- Creación de nuevos empleos.
El proceso de Remanufactura requiere mano de obra cualificada, lo que permite crear nuevo empleos específicos para la industria de la Remanufactura.
- Reducción del impacto ecológico.
El uso de productos y componentes remanufacturados en los ciclos de fabricación permiten reducir los impactos medioambientales de la fabricación de nuevos

productos, como por ejemplo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero o la generación de residuos.

- Anticipar la futura legislación.

Si bien en América Latina la legislación con respecto a lo medioambiental avanza lentamente, seguimos los pasos de los países europeos en donde la legislación evoluciona rápidamente y tarde o temprano las empresas se verán obligadas a pagar impuestos medioambientales. Las compañías proactivas que sepan anticiparse a la evolución legislativa ganarán en competitividad.

1.2 Oportunidad de mercado [1] [5]

Alrededor de 1940 en Chile se comenzó a fomentar la industria nacional interna para sustituir las importaciones, en principio hubo una impresionante tasa de crecimiento, pero esta industrialización no produjo una expansión sostenible en el sector industrial, ya que su mercado se vio limitado, así las industrias o proyectos de manufactura en empresas nacionales que fueron creados entre 1940 y 1970 no fueron prolíferos. A los problemas económicos de estas décadas se suma la reforma económica que comenzó en 1975, Chile paso de ser una economía aislada a una economía liberal. Este cambio provoco un descenso en los precios a las importaciones, así se reafirmaba el fin de la industria manufacturera en Chile en áreas que no fueran minería, celulosa, o en general la producción de materias primas. Empresas del área de la manufactura de máquinas eléctricas como Lureye, RHONA y Sindelen se vieron afectadas y tuvieron que abandonar los proyectos de manufactura de equipos rotativos. En cambio estas empresas potenciaron su manufactura de equipos estáticos como RHONA que siguió con la fabricación de Transformadores eléctricos; Sindelen siguió con manufactura de electrodomésticos, línea blanca, calefactores, entre otros y Lureye, el cual se transformó en importador de motores eléctricos, generadores y grupos electrógenos.

1.2.1 Descripción del mercado de motores eléctricos en Chile [5]

El mercado de motores eléctricos en Chile se ha caracterizado por incorporar diversos actores encargados de abastecer segmentos diferenciados en necesidades y capacidades.

En la actualidad, y a pesar del reducido tamaño del mercado, se generan espacios competitivos liderados por el consumo de grandes industrias locales como la minería, la papelería, lo que permite la participación de tecnologías y empresas variadas en la provisión de motores y componentes afines.

En la Figura 1-6 se muestran la estructura y las relaciones de mercado de las empresas participantes en el sector de motores eléctricos.

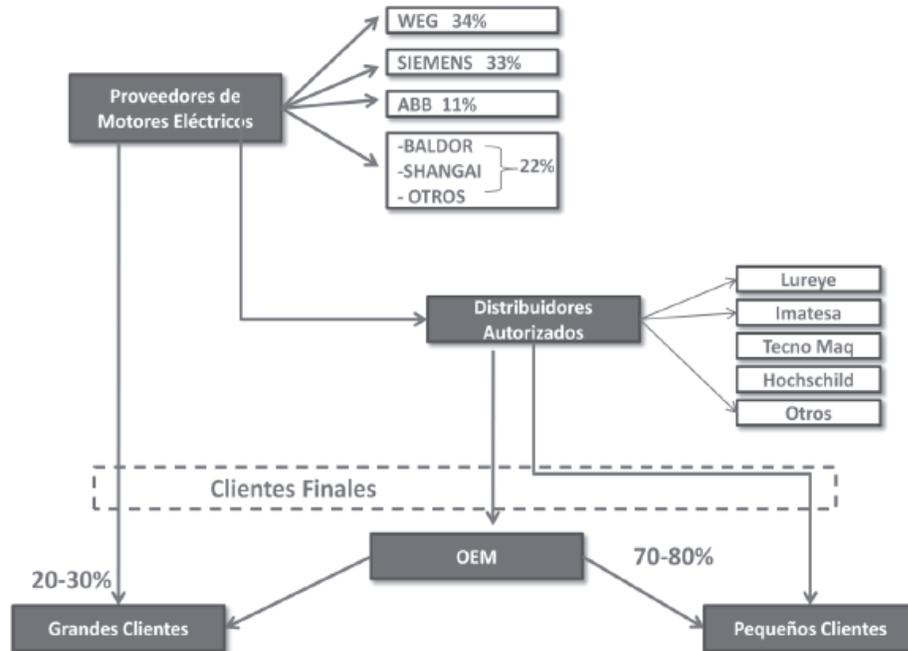


Figura 1-6: Estructura y las relaciones de mercado [5].

Dentro de los grandes clientes se encuentran: Minería, celulosa, cemento, petroquímicas, etc.

Dentro de los pequeños y medianos clientes se encuentran: sector agrícola, construcción, alimentos, industria general.

1.2.2 Idea y nicho de mercado: Remanufactura

Un motor eléctrico como cualquier otro dispositivo no dura para siempre. Sobrecargas, animalias en la alimentación, corrosión, fricción, contaminación, entre otras, pueden generar que el motor falle o baje su performance. Una de las razones más comunes es la falla en los bobinados. Mientras el motor opera este tiende a calentarse, lo que causa degradación de componentes. La poca ventilación puede ser una de las razones de este problema así como también la sobrecarga del equipo.

Sin embargo la falla en los bobinados u otras piezas de los motores no obliga a descartar la máquina. Existe una práctica industrial muy popular llamada “rebobinado de motores”, es la solución más conocida para el problema en la falla de las bobinas. Cuando un motor falla o está cerca del final de su vida útil el propietario puede mandarlo a rebobinar para así usarlo varios años más.

Así como el rebobinado, existen varios otros procesos de reparación de motores dañados, como el cambio en rodamientos, ajuste del eje, etc. Si bien todos estos procedimientos permiten el

posterior uso del motor con una gran seguridad de funcionamiento, no entregan la performance real del equipo intervenido.

Ya que en Chile no se manufacturan máquinas eléctricas rotativas por la imposibilidad de competir con los precios de los productos importados, se buscó un área en la cual competir, ésta área es la Remanufactura de motores eléctricos. En Chile, si bien existen empresas de remanufactura, estas se dedican principalmente al sector minero, así los costos de reparación son muy elevados por lo cual no es un mercado que se expanda en el país además de no estar certificadas por estándares internacionales.

En la remanufactura, al usar como materias de producción un producto en el fin de su vida útil, no se incurren en gastos extras de materias primas y energía para la transformación de estas en productos finales. Así, con este ahorro económico y de procesos, es que se desea crear una Industria Remanufacturera en Chile que sea capaz de competir en el mercado nacional (y posteriormente en el internacional) en el sector de ventas y remanufactura máquinas eléctricas rotativas.

1.3 Taller de remanufactura 4.0 para motores eléctricos

Como parte de una primera etapa de aprovechamiento de este nicho de mercado es que se implementará un “Taller de Máquinas Eléctricas 4.0”. Este taller pretende estar a la vanguardia de los modelos actuales de gestión de procesos industriales a nivel nacional e internacional, así como también estar a un nivel internacional en el área técnica de sus tareas al ser diseñado bajo los estándares EASA el cual abarca el estándar ISO 9001.

1.3.1 Objetivo general

Su objetivo general respecta al diseño y evaluación económica para la implementación de un taller de máquinas eléctricas con tecnología 4.0 bajo certificación EASA e ISO9001, para motores trifásicos de inducción y de corriente continua hasta una capacidad de 500 HP en una primera etapa.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir el dimensionamiento del sistema eléctrico del taller a partir de las cargas principales a utilizar.
- Diseño de un proceso de remanufactura general para motores AC y DC tomando como idea fundamental la economía de etapas.
- Diseño de un layout eficiente.
- Definir una arquitectura de procesos 4.0 para los procesos del taller, la adquisición y la creación de datos, permitiendo así la conectividad y posible externalización de procesos con otras empresas.

- Realizar evaluación económica para la implementación del proyecto tomando en cuenta los principales equipos a utilizar.

1.4 Descripción de las problemáticas

Al querer desarrollar este tipo de taller se presentan ciertas problemáticas para lograr los objetivos y expectativas. Principalmente se tienen problemáticas en el área técnica y por otro lado en el área del negocio. A continuación se describen las problemáticas y se les da una posible solución.

1.4.1 Problemáticas en el área técnica

En primer lugar se desea estudiar cuáles serán las barreras con las que se enfrentará el diseño, estudio de factibilidad y funcionamiento del taller de acuerdo a la industria 4.0, la cual no es un modelo industrial existente en Chile.

1. Desarrollo del taller con un nivel tecnológico internacional.

Uno de los propósitos fundamentales para el desarrollo del taller es, a parte de la creación de una nueva industria en Chile, que este tenga un nivel tecnológico en sus procesos de gestión y remanufactura acordes a la industria 4.0.

Esto se llevara a cabo con la aplicación de avanzada tecnología en los aspectos de comunicación, información, utilización de tecnología 3D para manufactura de piezas dañadas, entre otras.

2. Búsqueda de profesionales con competencias necesarias en la aplicación de nuevas tecnologías en la fábrica.

Al ser un taller de remanufactura, se deben buscar profesionales acordes a estos procesos, esto presenta un problema ya que en Chile, al prácticamente no existir remanufactura, no existen profesionales con años de experiencia en dicho tema.

Este problema se puede solucionar con capacitación especializada a los futuros trabajadores.

3. Certificación.

Al querer desarrollar un taller de altos estándares técnicos, se necesita cumplir ciertas normativas en los procesos que certifiquen el proceso de remanufactura y de gestión. Por esta razón el taller se diseñara bajo los siguientes estándares:

- a. EASA

El proceso de remanufactura de las máquinas se hará de acuerdo a la “Norma EASA AR100-2015”, esta norma describe la práctica recomendada para la reparación de máquinas eléctricas rotativas.

Se abarcaran los siguientes aspectos:

- i. Diagnóstico de la máquina, limpieza, cableado y terminales, sistema de enfriamiento, acabado exterior, entre otros.
- ii. Reparaciones mecánicas.

- iii. Rebobinado.
 - iv. Pruebas para el proceso de control de calidad además de los estándares de seguridad de las mismas.
 - v. Embalaje, transporte y entrega.
- b. ISO 9001
- Esta norma internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de calidad para demostrar la capacidad de una organización de proporcionar productos que satisfagan los requisitos del cliente, legales y reglamentarios aplicables.
- Esta normativa abarca:
- i. Sistemas de gestión de calidad.
 - ii. Responsabilidad de la dirección.
 - iii. Gestión de recursos.
 - iv. Realización del producto.
Medición, análisis y mejoras.

Estas normativas se llevan a cabo en el diseño, es decir, el diseño se hace pensando en la futura certificación, se adquirirán equipos necesarios como personal capacitado.

4. Proceso de remanufactura

En el presente informe se solucionarán las problemática del proceso, así como también se dará a conocer un proceso tentativo a aplicar en el futuro taller.

1.4.2 Problemáticas en el área del negocio

En segundo lugar se desean solucionar las problemáticas de negocio los cuales abarcan los siguientes temas.

1. Poca fabricación de equipos en Chile.

La poca manufactura en el mercado industrial chileno es un problema ya que no existe demanda de este tipo de productos. Se resuelve el problema de ser un país de commodity y las barreras que esto trae al mercado que se quiere iniciar con publicidad explicativa de los beneficios ambientales y económicos que tiene la remanufactura y el uso de equipos remanufacturados, además de especificar que los equipos son garantizados y certificados.

2. Creación de una nueva industria.

Para la creación de una nueva industria en Chile se necesitan estrategias técnicas y de marketing.

3. Creación de una estrategia de marketing para vender productos remanufacturados.

¿Cómo se puede vender un concepto que no se conoce?

Parte de la respuesta a esta pregunta es la descripción de los beneficios de la remanufactura previamente mencionados. Además de la incorporación de los clientes a las nuevas tendencia económica circular y adelantarse a las legislaciones venideras.

4. Competir con las empresas consolidadas en la industria de motores.
En esta etapa se desea derribar la barrera de la lealtad a la marca.

5. Certificación.
En el aspecto de negocio de la certificación se debe identificar que nos pasa a nosotros como país que pagamos una certificación y luego la dejamos de pagar. Existen 3 factores fundamentales:
 - i. El costo económico que se efectúa al estar certificado.
 - ii. La poca rigurosidad de las entidades normativas en la fiscalización de sus organizaciones certificadas.
 - iii. El cliente rara vez investiga el estado de la certificación de las empresas.

6. Cliente
En primer lugar y como se ha mencionado, se tiene una problemática en el aspecto de que los clientes quieren comprar lo que conocen, entonces se deben crear estrategias para vender un concepto que no existe (descripción de beneficios y nuevas tendencias).

1.5 Justificación [6]

Con la incorporación de Chile a la OCDE el 2010 , se espera que ésta se convierta en una nación desarrollada en unos años más, para lograr esto se deben cambiar ciertos modelos actuales en la industria nacional, desechando la actual economía lineal y adoptando el método internacional actual: Economía circular.

Debido al aumento de la conciencia social en el aspecto ambiental y las exigencias internacionales a la industria en este aspecto es deseable buscar negocios en un área que se encuentre dentro de estos parámetros. La remanufactura cumple con los requisitos mencionados, además de ser un proceso poco utilizado actualmente se convierte en un nicho económico, como se describió previamente.

Específicamente, este proyecto nace por la necesidad de competencia en la industria frente a un escenario que busca:

- Lograr bajos costos de producción.
- Elevar el nivel tecnológico y productivo de la industria nacional.
- Anticiparse a las nuevas prácticas en gestión de activos.
- Conciencia ambiental.
- Lograr productos de calidad con certificación internacional.
- Crear un taller adaptable para diferentes tipos de máquinas.

1.6 Alcance

El alcance de este proyecto considerará el diseño de un layout eficiente, especificar los activos físicos y de personal con lo cual se quiere lograr una propuesta novedosa, de costos livianos, flexible y que entregue valor a la industria nacional internalizando servicios en la región sud americana con una visión de la “Industria 4.0.

1.6.1 Alcance del negocio

Para este proyecto se considera el estudio de:

1. El contexto del mercado.

a. Mercado nacional.

En las estrategias para introducir productos remanufacturados al mercado chileno, se especificaran las garantías y beneficios de la compra de este tipo de productos.

Los drivers para la estrategia de introducir productos remanufacturados en Chile se centra en:

- Para el cliente las prestaciones pueden ser iguales o mayores a precios generalmente menores.
- Las prestaciones de los productos serán certificadas de acuerdo a normativas tanto nacionales como internacionales según corresponda. Lo cual asegura el rendimiento y da garantías de duración.
- Al competir con otras empresas que se dedican casi en su totalidad al rubro de la minería (lo cual eleva los precios de sus servicios), se poseerá una ventaja en la competitividad de precios y así aumentará la preferencia de los clientes.
- Al crear un taller con tecnología 4.0 se generarán enlaces directos con el cliente lo cual provocara la maximización de su satisfacción.
- La estrategia que abarcará al cliente de acuerdo al sentido ambiental que posee esta iniciativa (reducción de desechos, reutilización de materias primas, etc), la cual toma cada vez más fuerza en la sociedad.

b. Mercado internacional.

En las estrategias de como introducir productos remanufacturados a mercados internacionales, se especificará la normativa y garantías que deben tener los productos.

Los drivers más potentes en este sentido serán:

- La certificación mediante normas internacionales (EASA la cual abarca normas IEC, IEEE, NEMA entre otras).
- Garantías de performance según pruebas de laboratorio.
- Sentido ambiental global.

2. Modelo de negocio.

En este caso el modelo de negocio se diferencia al de un proceso de reparación en el sentido de que acá ya no se cobra por parte dañada del equipo, si no que se cobra por el equipo completo, o un todo.

Se pretende generar un listado de precios de acuerdo a las prestaciones de cada máquina, sea esta un transformador o motor.

1.6.2 Alcance técnico

Ubicación del taller

De acuerdo al mercado al cual quiere apuntar esta iniciativa de taller, para una primera instancia se decide centrarse en el mercado general nacional, no enfocándose en la minería, ya que el gran volumen de máquinas eléctricas rotativas y estáticas medianas se encuentran en este sector.

Esta iniciativa también pretende apuntar a la exportación de máquinas eléctricas remanufacturadas, sean estas máquinas rotatorias (Motores eléctricos) o estáticas (Transformadores de distribución).

Así de acuerdo a esto necesita una zona que en primer lugar presente gran cantidad de industrias medianas y centralizadas, donde se pueda instaurar competencia en la manufactura y la venta de equipos. De acuerdo a esto es que se elige Santiago como ciudad para ejecutar el proyecto.

Procesos de remanufactura, procesos adicionales y layout

Se diseñará un layout de acuerdo a las necesidades de adaptabilidad que se requieren en un taller donde se trataran maquinas rotatorias. Para esto se debe tomar en cuenta los pasos en la remanufactura de cada tipo de máquina, sean estas de rotor bobinado o jaula de ardilla, AC o DC y de diferentes potencias. Estos procesos se describen más adelante.

1.7 Carta Gantt

En la Figura 1-7 se muestra la carta Gantt creada utilizando el software GanttProject.

Esta carta Gantt es la original del proyecto.

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
• Mesa 1	30/09/16	18/11/16
• Descripción de la Problemática	30/09/16	16/11/16
• Alcance	24/10/16	16/11/16
• Presentación 1	18/11/16	18/11/16
• Mesa 2	21/11/16	23/12/16
⊕ • Alcance del negocio	21/11/16	25/11/16
⊖ • Alcance Técnico	21/11/16	20/12/16
• - Ubicación del taller	28/11/16	2/12/16
⊖ • - Layout	28/11/16	16/12/16
• Diseño estructural del Taller	28/11/16	16/12/16
• - Estudio de Mercado	5/12/16	9/12/16
• - Descripción de las Tecnologías a Utilizar	5/12/16	9/12/16
⊖ • - Activos Físicos	21/11/16	20/12/16
• Equipos para el Proceso de Remanufactura	21/11/16	20/12/16
• Presentación 2	23/12/16	23/12/16
• Mesa 3	3/03/17	31/03/17
⊖ • Alcance Técnico	3/03/17	29/03/17
⊖ • - Activos Físicos	3/03/17	29/03/17
⊖ • Equipos Eléctricos a Utilizar	3/03/17	17/03/17
• Equipos de Iluminación	3/03/17	10/03/17
• Equipos de Acondicionamiento	13/03/17	17/03/17
• Equipos de Medición y Seguridad	20/03/17	24/03/17
• Dimensionamiento de la Red Eléctrica	13/03/17	29/03/17
• Presentación 3	31/03/17	31/03/17
• Mesa 4	3/04/17	28/04/17
• Trazabilidad	3/04/17	5/04/17
• Sistema de Información	7/04/17	10/04/17
• Personal	11/04/17	14/04/17
• Proceso de Calidad	17/04/17	20/04/17
• Escalas de Crecimiento	21/04/17	24/04/17
• Presentación 4	28/04/17	28/04/17
• Mesa 5	1/05/17	26/05/17
• Evaluación Económica	1/05/17	11/05/17
• Rectificaciones al Proyecto	12/05/17	19/05/17
• Presentación 5	26/05/17	26/05/17

Figura 1-7: Actividades a Desarrollar.

2 Proceso de remanufactura para motores eléctricos

2.1 Etapas de remanufactura según EASA

Según los puntos exigidos por EASA mostrados en el Apéndice A, se obtienen las siguientes etapas:

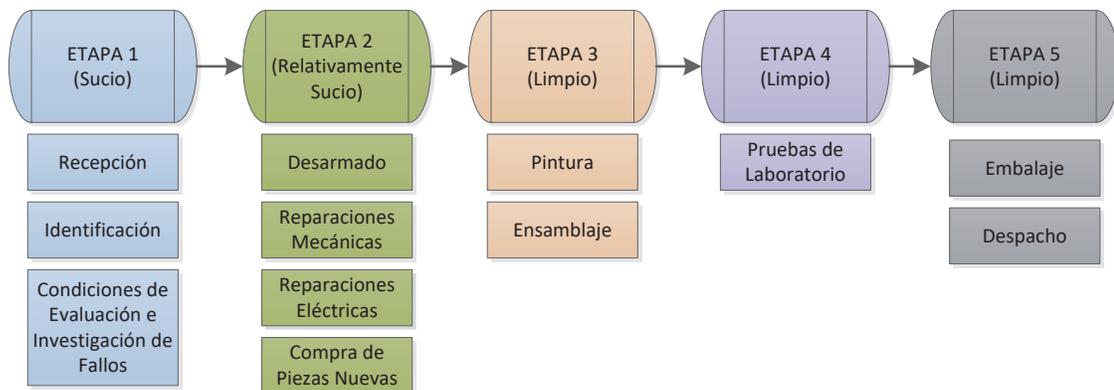


Figura 2-1: Etapas para la remanufactura de motores.

El proceso se compone de 5 etapas principales, separadas por procesos diferenciados, estos procesos se detallan a continuación.

2.2 Proceso de remanufactura a aplicar

En la Figura 2-2 se detalla el proceso de remanufactura de un motor eléctrico, sea este de CA o CC.

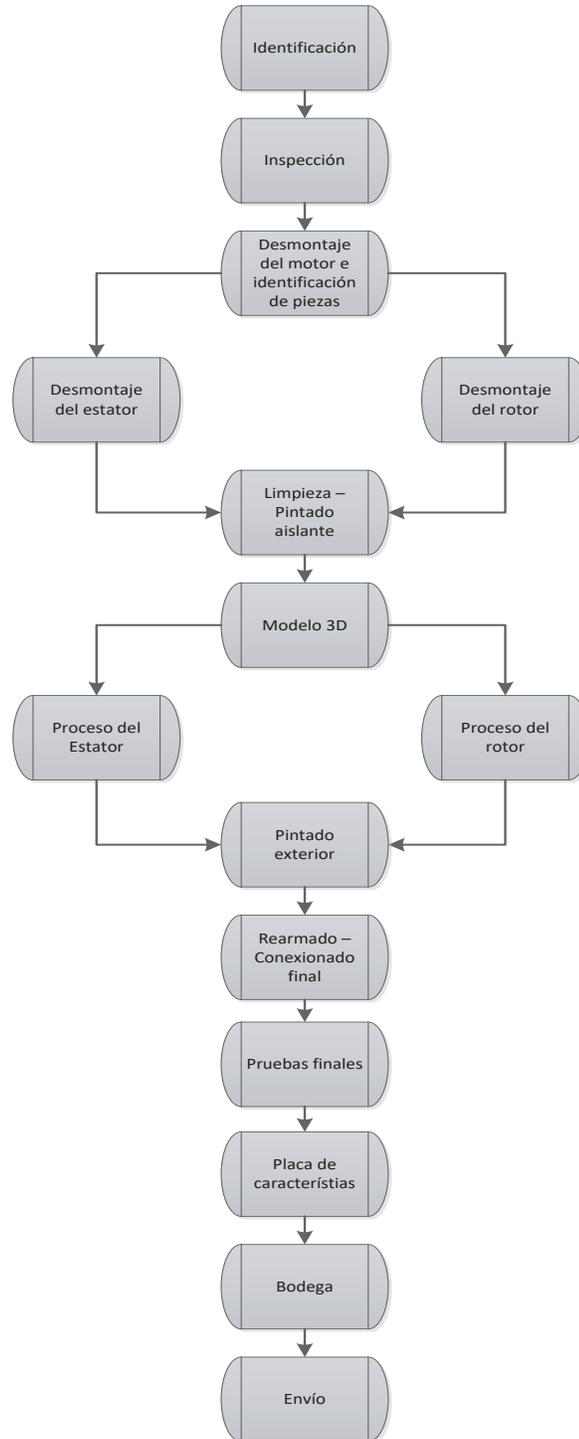


Figura 2-2: Proceso de remanufactura para motores eléctricos.

2.2.1 Descripción de las etapas

Identificación

En esta etapa se realiza:

- Marcado del motor: Se marca el motor con un código de barras único.
- Registro de datos eléctricos: Se registran los datos eléctricos del motor, entregados por la placa de características.
- Registro de datos mecánicos: se registran los datos mecánicos del motor, como peso y tamaño.

Duración total: 1 hora.

Inspección

En esta etapa se realiza:

- Pruebas eléctricas preliminares:
Se realiza prueba con megóhmetro y prueba de alto voltaje tanto al estator como rotor si este es bobinado.
- Pruebas mecánicas preliminares:
Se verifican componentes dañados o inexistentes, se verifica el giro del rotor.
- Registro de datos:
Se registran los datos obtenidos.

Duración total: 1 hora.

Desmontaje del motor e identificación de piezas

En esta etapa se realiza:

- Desmontaje de:
Tapa deflectora, sistema de refrigeración, platos o tapas, sellos, rodamientos, anillos de lubricación, escobillas y porta escobillas, rotor, carcasa o estator.
- Búsqueda de fallas internas:
Se verifican bobinados quemados o fallas mecánicas internas.
- Registro de datos:
Se registran los datos obtenidos.

Duración total: 2,5 horas.

Desmontaje del estator

En esta etapa se realiza:

- Corte:
Se corta un extremo del bobinado para luego poderlos sacar de manera más sencilla.
- Quemado:
Se introduce el estator a un horno y se quema a una temperatura aproximada de 700°C, para así poder sacar los bobinados sin hacer daño mecánico al núcleo.
- Recopilación de datos:
Se recopilan: N° de ranuras, N° de vueltas de alambre en las bobinas, dimensionamiento del alambre, tipo de conductor, disposición de los bobinados.
- Se registran los datos.
- Se remueven los bobinados.
- Sodablasting:
Se realiza limpieza por método de sodablasting para eliminar restos de material aislante quemado en las ranuras del núcleo y otras impurezas.

Duración total: 10 horas.

Desmontaje del rotor

Si es un motor con rotor bobinado se realiza:

- Corte:
Se corta un extremo del bobinado para luego poderlos sacar de manera más sencilla.
- Quemado:
Se introduce el rotor a un horno y se quema a una temperatura aproximada de 700°C, para así poder sacar los bobinados sin hacer daño mecánico al núcleo.
- Recopilación de datos:
Se recopilan: N° de ranuras, N° de vueltas de alambre en las bobinas, dimensionamiento del alambre, tipo de conductor, disposición de los bobinados.
- Se registran los datos.
- Se remueven los bobinados.
- Sodablasting:
Se realiza limpieza por método de sodablasting para eliminar restos de material aislante quemado en las ranuras del rotor y otras impurezas.
- Torneado:
Si es necesario, en el caso de que el rotor presente abolladuras o deformidades.

Duración total: 10 horas.

Limpieza y pintado aislante

Se someten todas las partes del motor en conjunto a un proceso de limpieza criogénica, para remover impurezas que afecten a la pintura. Luego se le aplica una capa de pintura aislante al núcleo del estator y al núcleo del rotor.

Duración total: 6 horas.

Modelado 3D

Con un escáner 3D se hacen modelos de las partes más importantes del motor como: estator, rotor, platos o tapas. Estos datos se insertan al sistema.

Duración total: 2 horas.

Proceso del estator

En esta etapa se realiza lo siguiente:

- Papel aislante:
Se corta a la medida el papel aislante y se inserta en las ranuras del estator.
- Creación de un nuevo bobinado:
Con la maquina bobinadora y los datos obtenidos del bobinado antiguo se crea un nuevo bobinado.
- Inserción se los bobinados al estator.
- Conexionado:
Se conectan los bobinados con soldadura pertinente y se conectan los cables de salida.
- Zunchado:
Se amarran lo bobinados con cintas de fibra de vidrio para logran estabilidad en el funcionamiento del motor y evitar fallas.
- Pruebas:
Se realizan nuevamente las pruebas de alto voltaje y aislamiento.
- Registro de datos:
Se registran los datos obtenidos.
- Barniz
Se calienta el estator a aproximadamente 120°C para eliminar humedad, luego con el bobinado aún caliente se sumerge en resina aislante a presión normal o en un proceso de VPI según convenga, luego se inserta nuevamente en el horno para el secado y curado del barniz.

Duración total: 8 horas.

Proceso del rotor

En esta etapa se realiza lo siguiente:

- **Papel aislante:**
Se corta a la medida el papel aislante y se inserta en las ranuras del rotor.
- **Creación de un nuevo bobinado:**
Con la maquina bobinadora y los datos obtenidos del bobinado antiguo se crea un nuevo bobinado.
- **Inserción se los bobinados al rotor.**
- **Conexionado:**
Se conectan los bobinados a los anillos rozantes o al colector de delgas según sea el caso.
- **Zunchado:**
Se amarran lo bobinados con cintas de fibra de vidrio para logran estabilidad en el funcionamiento del motor y evitar fallas.
- **Pruebas:**
Se realizan nuevamente las pruebas de alto voltaje y aislamiento.
- **Registro de datos:**
Se registran los datos obtenidos.
- **Barniz**
Se calienta el rotor a aproximadamente 120°C para eliminar humedad, luego con el bobinado aún caliente se sumerge en resina aislante a presión normal o en un proceso de VPI según convenga, luego se inserta nuevamente en el horno para el secado y curado del barniz.
- **Balanceo dinámico:**
Se realiza balanceo dinámico al rotor, sea este de jaula de ardilla o bobinado.

Duración total: 8 horas.

Pintado exterior del motor

Se pinta el estator y las tapas del motor según las condiciones de uso a las que será sometido.

Duración total: 7 horas

Rearmado y conexionado final

Se arma el motor, y se conectan los conductores a la caja de conexiones.

Los siguientes elementos se utilizan nuevos: rodamientos, sellos, sistema de refrigeración, anillos de lubricación y escobillas.

Duración total: 4 horas

Pruebas finales

Se vuelven a hacer las pruebas de alto voltaje y de aislamiento una vez armado el motor. Se verifica el libre giro del rotor.

Duración total: 2 horas

Placa de características

Se crea e instala una nueva placa de características al motor.

Duración total: 1 horas

Bodega

Se lleva al motor a bodega donde se prepara para envío.

Se recopilan datos finales del motor.

Envío

Según las condiciones del cliente se envía el motor vía aérea, terrestre o marítima.

Se genera una orden de envío y se hace un seguimiento del motor hasta su destino.

2.2.2 Tiempo estimado de remanufactura

Según los procesos antes descritos el tiempo estimado lineal, (tomando en cuenta que hay procesos que se realizan en paralelo entre el rotor y estator) el proceso puede tomar un tiempo máximo de 44,5 horas.

Tomando en cuenta una jornada normal de trabajo de 8 horas al día y que el proceso de mayor duración es el desmontaje del estator y rotor, (10 horas), también tomando en cuenta que dentro de este proceso el subproceso más largo es el de quemado del motor (5 horas), se tiene que se puede remanufacturar 1 motor al día cuando el proceso haya alcanzado estabilidad. Esto implica que se pueden remanufacturar 20 motores el mes.

2.3 Layout

Según las etapas mencionadas para remanufactura de motores se aprecia que existen algunas que se podrían hacer en paralelo como el desarmado y remanufacturado del rotor y del estator.

Tomando lo anterior en cuenta y desde un punto de vista de las etapas a las que estarán sometidas las máquinas y las piezas, y considerando la trazabilidad del proceso, se propone el layout mostrado en la figura 2-3.

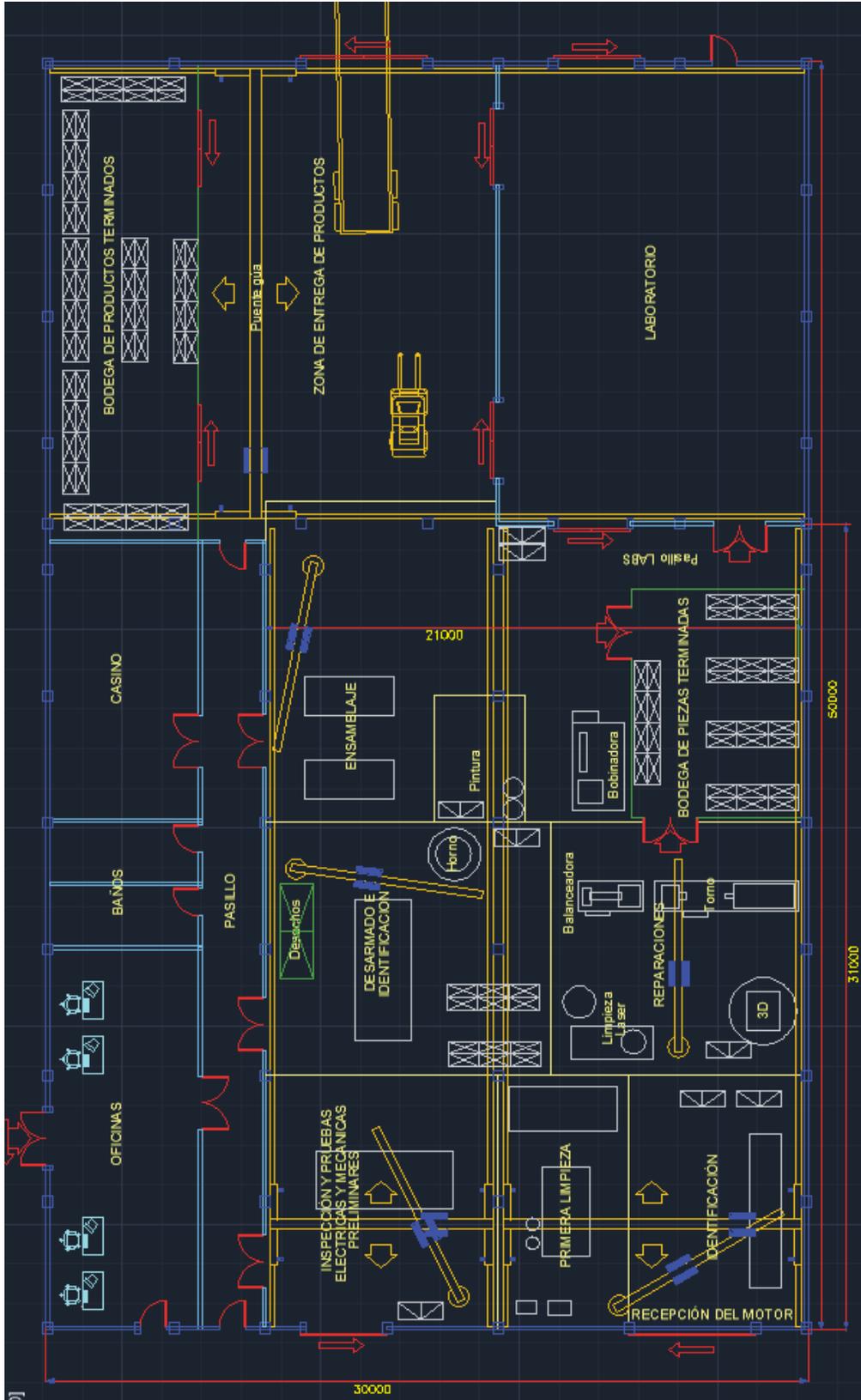


Figura 2-3 – Layout tentativo del taller.

El layout es tentativo, consta de 1500[m²] tomando en cuenta el laboratorio.

En la tabla 2-1 se muestra un cuadro de superficies del taller, según en diseño de Autocad.

Tabla 2-1: Cuadro de superficies del taller.

Sector	Eje X [m]	Eje Y [m]	Área [m²]
Oficinas	14,9	5,9	86,9
Baños	4,9	5,9	28,4
Casino	10,9	5,9	63,5
Bodega de productos terminados	18,7	5,9	109,4
Pasillo	30,9	2,4	74,0
Recepción - identificación del motor	9,9	6,6	65,1
Primera limpieza	9,9	5,2	51,2
Inspección y pruebas eléctricas y mecánicas preliminares	9,9	9,1	90,3
Desarmado e identificación	10,0	11,2	111,9
Reparaciones	10,0	10,0	99,5
Bodega de piezas terminadas	9,0	6,8	61,2
Sector bobinadora	11,7	4,1	47,9
Pasillo laboratorio	2,4	6,8	16,3
Sector ensamblaje - pintura	12,6	10,2	128,5
Laboratorio	18,0	12,0	216,0
Zona de entrega de productos	17,2	11,7	201,2
Área total aproximada			1451,3

2.4 Laboratorio

Para la creación del layout anterior se tomó en cuenta la creación del laboratorio de pruebas con carga de las máquinas dentro del taller. Cabe destacar que esto podría no ser así, ya que quizás es óptimo ubicar el laboratorio en otra zona geográfica ya que se pretende que éste opere como un negocio a parte.

2.5 Estructura de datos

La plataforma 4.0 del taller tendrá la siguiente forma:

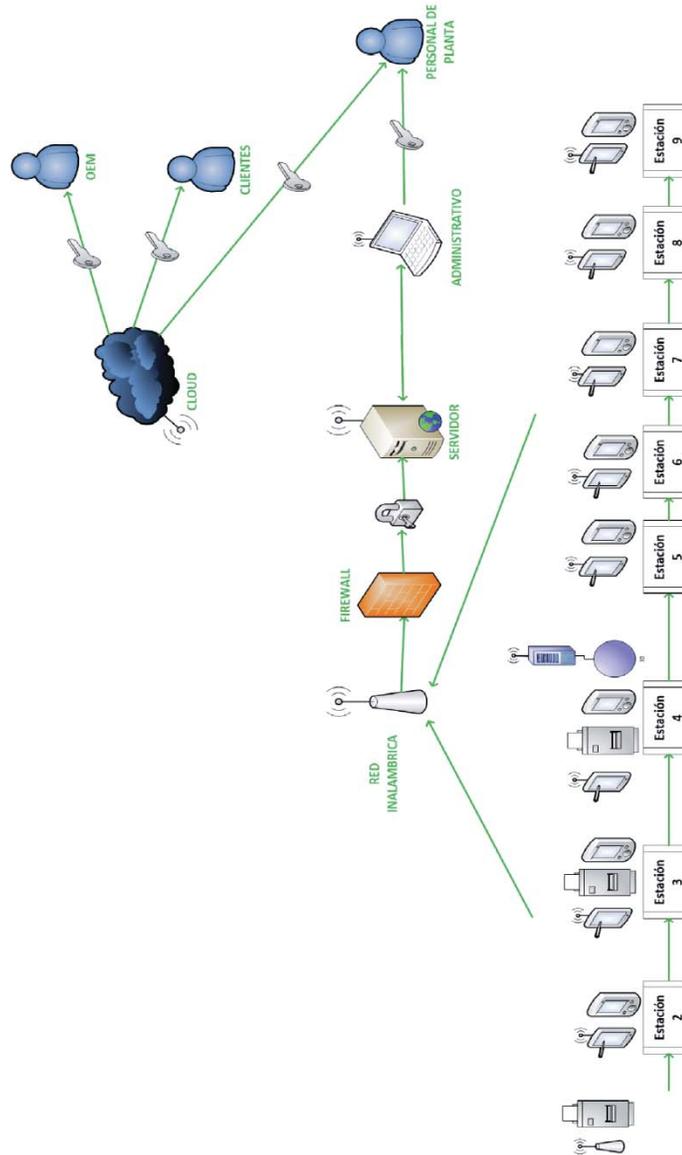


Figura 2-4: Estructura de datos del taller.

Esta estructura está compuesta por estaciones, las cuales se describen a continuación:

Estación 1: Esta estación está asociada con las etapas de identificación.

Estación 2: esta estación está asociada a las etapas de inspección.

Estación 3: Esta estación está asociada a la etapa de desmontaje del motor.

Estación 4: Esta etapa está asociada al proceso de modelo 3D

Estación 5: Esta etapa está asociada al proceso del estator.

Estación 6: Esta etapa está asociada al proceso del rotor.

Estación 7: Esta etapa está asociada al proceso de rearmado y conexionado.

Estación 8: Esta etapa está asociada al proceso de pruebas finales y placa de características

Estación 9: Esta etapa está asociada al proceso de Bodega y envío.

3 Dimensionamiento del sistema eléctrico

3.1 Equipos a utilizar

De acuerdo a los consumos más significativos del taller, los cuales se especifican en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Potencias de Equipos a utilizar.

Equipo	Cantidad	Potencia por equipo [W]	Factor de demanda	Total [W]
Torno Flagero de 250[mm]	1	15.000	0,8	12.000
Balaceadora Dinámica	1	18.500	0,8	14.800
Bobinadora	1	1.200	0,7	840
Sistema VPI + Horno	1	50.000	0,92	46.000
Puente grúa 10t	3	8.000	0,88	21.120
Grúa Horquilla 3t	1	12.000	1	12.000
Equipo de Limpieza Criogénica	1	750	1	750
Equipo de Limpieza Laser	1	200	1	200
Pulverizador de pintura	1	3.500	0,8	2.800
Acondicionamiento	3	2.800	0,95	7.980
Grúa pluma 5t	5	2.200	0,8	8.800
Luminarias	30	95	1	2.850
Total				130.140

Además se necesita una potencia de 500kW para el laboratorio, lo cual significa:

$$\text{Potencia total} = \text{Potencia laboratorio} + \text{Potencia equipos} = 500[\text{kW}] + 130,140[\text{kW}] = 630,140[\text{kW}]$$

La subestación está compuesta por un desconectador de línea, un transformador trifásico de 750[kVA], un interruptor con las protecciones correspondientes tales como: protección ante sobretensión, baja tensión y sobre corrientes.

Subsistema 2: Consumo industrial

Subsistema 2.1: TDF de taller

El subsistema 2.1 está compuesto por el TDF del taller y abarca cargas como puentes grúa, sistemas de VPI, etc, en general equipos de mayor demanda. Este subsistema se puede ver en la Figura 3-3.

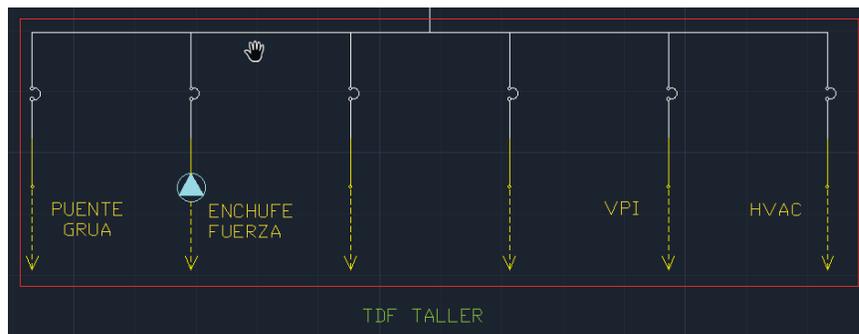


Figura 3-3: Subsistema 2.1.

Subsistema 2.2: TDF del Laboratorio

El subsistema 2.2 se aprecia en la Figura 3-4.

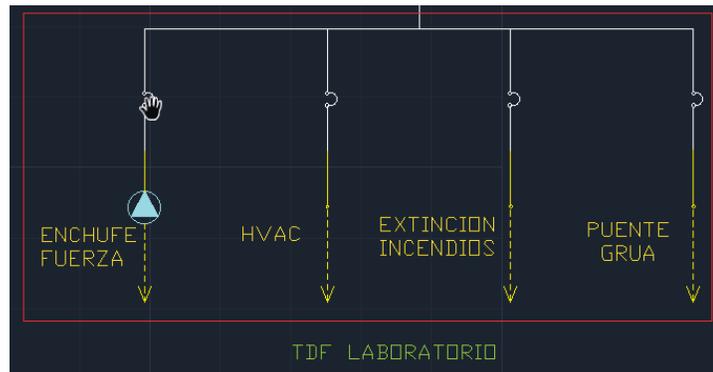


Figura 3-4: Subsistema 2.2.

Subsistema 3: Consumo de oficina.

Este subsistema está compuesto por los tableros de alumbrado del taller y laboratorio. Este subsistema se aprecia en la Figura 3-5.

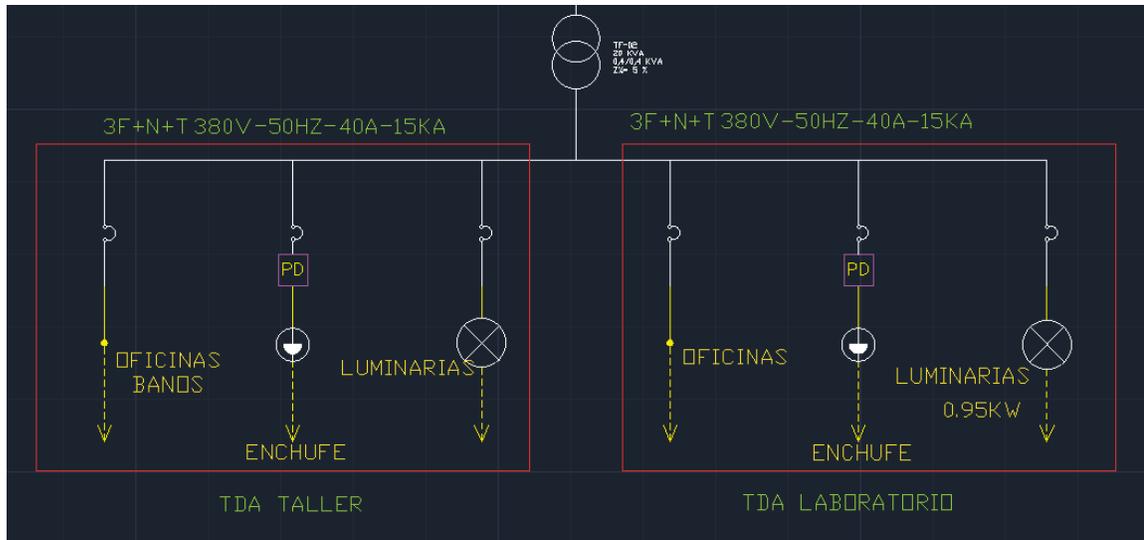


Figura 3-5: Subsistema 3.

El subsistema 3 posee un transformador 1:1 de 20[kVA] en la entrada para bajar la corriente de cortocircuito en esa sección.

Subsistema 4: banco de pruebas

El subsistema del banco de pruebas del generador se muestra en la Figura 3-6, es visto como una caja negra la cual consume 500[kVA].



Figura 3-6: Subsistema 4

Subsistema 5: Reservas

El subsistema de reservas se crea para futuras ampliaciones que requieran potencia.

4 Dimensionamiento de equipos para evaluación económica

4.1 Inversión inicial y equipos a utilizar

Para la inversión inicial se toman en cuenta los siguientes elementos:

4.1.1 Centro de Transformación

Se utilizará un centro de transformación [7] sencillo compuesto de un transformador de 750[kVA] con su correspondiente celda de línea, celda de protección y cuadro de BT.

En la Tabla 4-1 se describen los costos de inversión del CT.

Tabla 4-1: Costo de centro CT.

Centro de Transformación				
Componente	Características	Precio Unidad + IVA	Costo de Instalación	Precio Total
Transformador Trifásico	750[kVA] - 23/0,4[kV] - Puesta a Tierra	\$ 12.180.000	\$ 3.654.000	\$ 15.834.000
Celda de Línea - Protección	Reconectador todo en uno, Gabinete	\$ 10.758.000	\$ 3.227.400	\$ 13.985.400
Cuadro de BT	Switchgear, Disyuntores, Equipos de Medida, Gabinete	\$ 22.540.000	\$ 6.762.000	\$ 29.302.000
Interconexión	Conductores, Escalerilla, Ductos, etc.	\$ 1.450.500	\$ 435.150	\$ 1.885.650
Total				\$ 61.007.050

4.1.2 Equipos eléctricos

En la Tabla 4-2 se describen los equipos eléctricos [8] [9] a utilizar en el proceso de remanufactura.

Dimensionamiento de equipos para evaluación económica

Tabla 4-2: Equipos eléctricos.

Equipos Eléctricos				
Equipo	Precio Unidad + IVA	Cantidad	Costo de Instalación Total	Precio Total
Multitester	\$ 404.800	4	\$ 0	\$ 1.619.200
Medidor de Aislamiento	\$ 1.354.725	1	\$ 0	\$ 1.354.725
Analizador de Bobinados Estático Motores	\$ 56.129.553	1	\$ 0	\$ 56.129.553
Micro-Ohmímetro	\$ 2.153.900	1	\$ 0	\$ 2.153.900
Bobinadora	\$ 39.944.400	1	\$ 0	\$ 39.944.400
Sistema VPI + Horno	\$ 25.515.000	1	\$ 7.654.500	\$ 33.169.500
Total				\$ 134.371.278

4.1.3 Equipos mecánicos

En la Tabla 4-3 se describen los equipos eléctricos a utilizar en el proceso de remanufactura.

Tabla 4-3: Equipos Mecánicos.

Equipos mecánicos				
Equipo	Precio unidad + IVA	Cantidad	Costo de instalación total	Costo total
Kit Herramientas Manuales	\$ 8.000.000	1	\$ 0	\$ 8.000.000
Equipo Alineamiento Laser más Maleta con Lainas Estandarizada	\$ 9.769.050	1	\$ 0	\$ 9.769.050
Medidor de Vibraciones	\$ 140.000	1	\$ 0	\$ 140.000
Kit Elementos de Metrología	\$ 3.000.000	1	\$ 0	\$ 3.000.000
Kit Equipos de Maniobra (Grilletes, Eslingas, Cadenas)	\$ 500.000	1	\$ 0	\$ 500.000
Puente Grúa 10t	\$ 31.500.000	3	\$ 28.350.000	\$ 122.850.000
Grúa Pluma 5t	\$ 7.560.000	5	\$ 11.340.000	\$ 49.140.000
Sierra Circular Hidráulica	\$ 160.000	1	\$ 48.000	\$ 208.000
Detector de Fallas Ultrasónico	\$ 12.600.000	1	\$ 0	\$ 12.600.000
Grúa Horquilla 3t	\$ 8.000.000	1	\$ 0	\$ 8.000.000
Balaceadora Dinámica	\$ 26.900.000	1	\$ 0	\$ 26.900.000
Torno Flagero de 250[mm]	\$ 24.690.000	1	\$ 7.407.000	\$ 32.097.000
Total				\$ 273.204.050

4.1.4 Otros Equipos

En la Tabla 4-4 se describen otros equipos o equipos de apoyo a utilizar en el proceso de remanufactura.

Tabla 4-4: Otros equipos.

Otros equipos				
Equipo	Precio Unidad + IVA	Cantidad	Costo de Instalación Total	Precio Total
Equipo de Limpieza Criogénica	\$ 7.560.000	1	\$ 0	\$ 7.560.000
Equipo de Limpieza Laser	\$ 18.900.000	1	\$ 0	\$ 18.900.000
Acondicionamiento	\$ 2.050.900	3	\$ 1.845.810	\$ 7.998.510
Sistema contra incendio	\$ 150.000	1	\$ 45.000	\$ 195.000
Mesones de Trabajo	\$ 230.000	8	\$ 0	\$ 1.840.000
Luminarias	\$ 253.789	30	\$ 2.284.101	\$ 9.897.771
Escaner 3D	\$ 27.720.000	1	\$ 0	\$ 27.720.000
Pulverizador de Pintura	\$ 560.000	1	\$ 0	\$ 560.000
Total				\$ 74.671.281

4.1.5 Solicitud Para Certificación EASA

El costo para comenzar el proceso de certificación EASA [10] se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-5: Solicitud EASA

Solicitud EASA	
Solicitud	\$ 980.670

4.1.6 Costo de Reparaciones y Adaptaciones

Se refiere a las reparaciones y adaptaciones a realizar en el caso de arrendar un galpón donde se instalará el taller de remanufactura.

Tabla 4-6: Costo de Reparaciones y Adaptaciones

Costo de reparaciones y adaptaciones						
Recinto	Inversión Materiales	Personal	Cantidad	Valor HH	HH	Precio Total
Oficinas	\$ 4.000.000	Albañil	4	\$ 4.000	90	\$ 5.440.000
Pañol	\$ 800.000	Albañil	2	\$ 4.000	90	\$ 2.420.000
		Soldador	2	\$ 5.000	90	
Baños	\$ 2.200.000	Albañil	2	\$ 4.000	90	\$ 3.460.000
		Técnico en IS	1	\$ 6.000	90	
Casino	\$ 3.000.000	Albañil	2	\$ 4.000	90	\$ 3.720.000
Bodegas	\$ 4.800.000	Albañil	2	\$ 4.000	90	\$ 5.970.000
		Soldador	1	\$ 5.000	90	
Arreglos Generales (Proyecto, Dimensionamiento, Instalaciones Eléctricas)	\$ 4.500.000	Albañil	2	\$ 4.000	90	\$ 9.630.000
		Soldador	1	\$ 5.000	90	
		Carpinteros	4	\$ 5.000	90	
		Técnico Eléctrico	2	\$ 7.000	90	
		Jefe de Obra	1	\$ 10.000	90	
Total						\$ 30.640.000

4.1.7 Costo de Construcción del Taller

En el caso de que se dispongan de los recursos para la construcción del taller [11], los costos asociados se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4-7: Costo de construcción del taller.

Costo de construcción del galpón				
Tipo de Construcción	Característica	Precio [\$/m2]	Cantidad [m2]	Precio total
Galpón	Tipo tubex	\$ 55.000	1500	\$ 82.500.000
Pavimento	HN25	\$ 22.500	1500	\$ 33.750.000
Cubierta	Zinc-Alum 0,4[mm]	\$ 10.500	2620	\$ 27.510.000

Personal Construcción	Cantidad	Valor HH	HH	Total
Albañil	4	\$ 4.000	120	\$ 1.920.000
Soldador	4	\$ 5.000	120	\$ 2.400.000
Técnico Eléctrico	2	\$ 7.000	120	\$ 1.680.000
Técnico Mecánico	2	\$ 6.000	120	\$ 1.440.000
Carpintero	2	\$ 4.000	120	\$ 960.000
Jefe de Obra	1	\$ 10.000	120	\$ 1.200.000
Prevencionista de Riesgos	1	\$ 4.500	120	\$ 540.000

Terreno			
Terreno Industrial	Precio [\$/m2]	Cantidad [m2]	Precio Total
Santiago	\$ 250.000	2000	\$ 500.000.000

Valor Total de Construcción app	\$ 653.900.000
---------------------------------	----------------

4.1.8 Inversión Inicial Total

Según los puntos anteriores, se obtiene dos inversiones iniciales, una tomando en cuenta la compra del terreno y construcción del taller y otra tomando en cuenta el arriendo del taller. De esta manera se obtienen respectivamente las inversiones descritas en las siguientes tablas.

Tabla 4-8: Inversión inicial con construcción del taller.

Inversión Inicial 1 (Con Construcción de Galpón)	
Tipo de Gasto	Precio
Equipos Eléctricos	\$ 134.371.278
Centro de Transformación	\$ 61.007.050
Equipos Mecánicos	\$ 273.204.050
Otros Equipos	\$ 74.671.281
Costo de Construcción del Galpón	\$ 653.900.000
Solicitud EASA	\$ 980.670
Total	\$ 1.198.134.329

Tabla 4-9: Inversión con arriendo del galpón.

Inversión Inicial 2 (Con Arriendo de Galpón)	
Tipo de Gasto	Precio
Equipos Eléctricos	\$ 134.371.278
Centro de Transformación	\$ 61.007.050
Equipos Mecánicos	\$ 273.204.050
Otros Equipos	\$ 74.671.281
Costo de Reparaciones y Adaptaciones	\$ 30.640.000
Solicitud EASA	\$ 980.670
Total	\$ 574.874.329

4.2 Egresos Operacionales

En este capítulo se describirán los egresos o costos operacionales, los cuales tiene relación directa al proceso de remanufactura.

4.2.1 Costos de Energía Eléctrica

Para calcular el costo de energía eléctrica se utilizó la tarifa AT 4.1 [12] de cuyos costos corresponden a la empresa Enel ubicada en Santiago. Esta tarifa se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4-10: Tarifa AT 4.1

Energía Eléctrica			
Costo Eléctrico Área 1A Santiago 2017 ENEL - Vigencia 01/08/2017			
Tarifa AT-4.1	Unidad	\$ NETO	\$ C/IVA
Cargo Fijo AT - 4.1	(\$/cliente)	633,5294	753,9
Energía	(\$/kWh)	60,2621	71,712
Pot Total Contratada o Leída	(\$/kW/mes)	540,6806	643,41
Dem. Max. de Punta	(\$/kW/mes)	4848,2857	5769,46
Cargo Único por uso Troncal	(\$/kWh)	1,243	1,47917

El uso de esta tarifa se debe a su conveniencia económica. El cargo único por uso troncal está inserto en el valor de energía medida.

Los consumos estándares del taller son los siguientes:

Tabla 4-11: Consumos del taller

Consumos Estándares del Taller	
Energía utilizada promedio mensual (8 horas al día x 20 días) [kWh]	20822,4
Pot Total Contratada [kW] (Sin considerar Factores)	147,4
Dem. Max. de Punta [kW] (40% de la Pot Leída)	
Potencia Leída Promedio [kW]	130,14

Dimensionamiento de equipos para evaluación económica

Con la tarifa seleccionada se generan los siguientes consumos estimados para el año 1.

Tabla 4-12: Consumo año 1

Consumo de Energía Eléctrica - Año 1 (70% del consumo estable en los próximos años)			
Mes	Potencia Leída [kW]	Energía [kWh]	Demanda Máxima de Punta [KW]
Enero	91,098	14575,68	
Febrero	91,098	14575,68	
Marzo	91,098	14575,68	
Abril	91,098	14575,68	
Mayo	91,098	14575,68	36,4392
Junio	91,098	14575,68	36,4392
Julio	91,098	14575,68	36,4392
Agosto	91,098	14575,68	36,4392
Septiembre	82,698	13231,68	36,4392
Octubre	82,698	13231,68	
Noviembre	82,698	13231,68	
Diciembre	91,098	14575,68	

Entre los meses de septiembre y noviembre disminuye el consumo energético ya que el uso del sistema de acondicionamiento de aire se reduce.

Dimensionamiento de equipos para evaluación económica

Con la tarifa seleccionada se generan los siguientes costos para el año 1.

Tabla 4-13: Costo de energía eléctrica del año 1

Costo de Energía Eléctrica Año 1					
Mes	Cargo Fijo	Costo Energía	Costo Potencia Leída	Costo Potencia Punta	Costo Total
Enero	\$ 754	\$ 1.045.251	\$ 58.613		\$ 1.104.618
Febrero	\$ 754	\$ 1.045.251	\$ 58.613		\$ 1.104.618
Marzo	\$ 754	\$ 1.045.251	\$ 58.613		\$ 1.104.618
Abril	\$ 754	\$ 1.045.251	\$ 58.613		\$ 1.104.618
Mayo	\$ 754	\$ 1.045.251	\$ 58.613	\$ 210.235	\$ 1.314.853
Junio	\$ 754	\$ 1.045.251	\$ 58.613	\$ 210.235	\$ 1.314.853
Julio	\$ 754	\$ 1.045.251	\$ 58.613	\$ 210.235	\$ 1.314.853
Agosto	\$ 754	\$ 1.045.251	\$ 58.613	\$ 210.235	\$ 1.314.853
Septiembre	\$ 754	\$ 948.870	\$ 53.209	\$ 210.235	\$ 1.213.067
Octubre	\$ 754	\$ 948.870	\$ 53.209		\$ 1.002.833
Noviembre	\$ 754	\$ 948.870	\$ 53.209		\$ 1.002.833
Diciembre	\$ 754	\$ 1.045.251	\$ 58.613		\$ 1.104.618
Total					\$ 14.001.237

Con la tarifa seleccionada se generan los siguientes consumos estimados para el año 2 y sin ajuste del IPC.

Tabla 4-14: Consumo año 2

Consumo de Energía Eléctrica - Año 2			
Mes	Potencia Leída [kW]	Energía [kWh]	Demanda Máxima de Punta [KW]
Enero	130,14	20822,4	
Febrero	130,14	20822,4	
Marzo	130,14	20822,4	
Abril	130,14	20822,4	
Mayo	130,14	20822,4	52,056
Junio	130,14	20822,4	52,056
Julio	130,14	20822,4	52,056
Agosto	130,14	20822,4	52,056
Septiembre	121,74	19478,4	52,056
Octubre	121,74	19478,4	
Noviembre	121,74	19478,4	
Diciembre	130,14	20822,4	

Dimensionamiento de equipos para evaluación económica

Entre los meses de septiembre y noviembre disminuye el consumo energético ya que el uso del sistema de acondicionamiento se reduce.

Con la tarifa seleccionada se generan los siguientes costos para el año 2.

Tabla 4-15: Costos para el año 2 sin ajuste del IPC

Costo de Energía Eléctrica Año 2					
Mes	Cargo Fijo	Costo Energía	Costo Potencia Leída	Costo Potencia Punta	Costo Total
Enero	\$ 754	\$ 1.493.216	\$ 83.733		\$ 1.577.703
Febrero	\$ 754	\$ 1.493.216	\$ 83.733		\$ 1.577.703
Marzo	\$ 754	\$ 1.493.216	\$ 83.733		\$ 1.577.703
Abril	\$ 754	\$ 1.493.216	\$ 83.733		\$ 1.577.703
Mayo	\$ 754	\$ 1.493.216	\$ 83.733	\$ 300.335	\$ 1.878.038
Junio	\$ 754	\$ 1.493.216	\$ 83.733	\$ 300.335	\$ 1.878.038
Julio	\$ 754	\$ 1.493.216	\$ 83.733	\$ 300.335	\$ 1.878.038
Agosto	\$ 754	\$ 1.493.216	\$ 83.733	\$ 300.335	\$ 1.878.038
Septiembre	\$ 754	\$ 1.396.835	\$ 78.329	\$ 300.335	\$ 1.776.253
Octubre	\$ 754	\$ 1.396.835	\$ 78.329		\$ 1.475.918
Noviembre	\$ 754	\$ 1.396.835	\$ 78.329		\$ 1.475.918
Diciembre	\$ 754	\$ 1.493.216	\$ 83.733		\$ 1.577.703
Total					\$ 20.128.757

Desde el año 2 se asumen consumos energéticos constantes hasta el año 5, es decir, los costos también se mantienen constantes, solo deben ser ajustados con el IPC, en este caso el IPC es del 2,7%. Así se obtienen los siguientes costos anuales.

Tabla 4-16: Costos Anuales Ajustados con IPC

Año	1	2	3	4	5
Costo Energía Eléctrica	\$ 14.001.237	\$ 20.672.233	\$ 21.230.384	\$ 21.803.604	\$ 22.392.301

4.2.2 Sueldos del personal de taller

Para el siguiente cálculo se utilizaron sueldos típicos de mercado, en la siguiente tabla se describe el personal del taller con sus respectivos sueldos.

Tabla 4-17: Sueldos mensuales personal de taller

Sueldos Mensuales Personal de Taller			
Cargo	Cantidad	Sueldo Bruto	Total
Ing. Civil Eléctrico	1	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
Ing. Eléctrico	5	\$ 1.400.000	\$ 7.000.000
Ing. Mecánico	1	\$ 1.400.000	\$ 1.400.000
Tec. Eléctrico	8	\$ 650.000	\$ 5.200.000
Tec. Mecánico	3	\$ 650.000	\$ 1.950.000
Prevencionista	1	\$ 550.000	\$ 550.000
Total			\$ 17.900.000

Así, se obtiene un costo anual de:

Tabla 4-18: Sueldo anual personal de taller

Sueldo Anual Personal de Taller	\$ 214.800.000
---------------------------------	----------------

Los sueldos para el personal de apoyo y sus respectivas descripciones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4-19: Sueldo mensual personal de apoyo

Sueldo mensual Personal de Apoyo				
Sector	Cantidad	Cargo	Sueldo Bruto	Total
Eléctrico	2	Bodeguero - Pañol	\$ 600.000	\$ 1.200.000
Eléctrico	1	Despacho - Transporte	\$ 450.000	\$ 450.000
Protocolos	1	Control de Calidad	\$ 700.000	\$ 700.000
Varios	3	Aseo	\$ 350.000	\$ 1.050.000
Total				\$ 3.400.000

Tabla 4-20: Sueldo anual personal de apoyo

Sueldo Anual Personal de Apoyo	\$ 37.920.000
--------------------------------	---------------

Dimensionamiento de equipos para evaluación económica

Sumando los sueldos del personal de taller con los del personal de apoyo y ajustándolos con el IPC, se obtiene los siguientes costos.

Tabla 4-21: Sueldo anual total ajustado al IPC

Sueldos totales de personal					
Año	1	2	3	4	5
Sueldo Anual	\$ 255.600.000	\$ 262.501.200	\$ 269.588.732	\$ 276.867.628	\$ 284.343.054

4.2.3 Costos de Mantenimiento del Taller

Se supone el uso de personal de taller para realizar el mantenimiento del mismo, este costo no toman en cuenta repuestos ya que los activos fijos se consideran nuevos y sin posibilidades de fallas por uso adecuado. Los costos mensuales del taller se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4-22: Costo de mantenimiento mensual del taller

Costos de Mantenimiento Mensual del Taller					
Mantenimiento	Personal	Cantidad	Precio HH	HH	Total
Equipos Eléctricos	Tec. Eléctrico	2	\$ 4.000	40	\$ 320.000
Equipos Mecánicos	Tec. Mecánico	2	\$ 4.000	40	\$ 320.000
Centro de Transformación	Ing. Eléctrico	1	\$ 10.000	16	\$ 160.000
	Tec. Eléctrico	1	\$ 4.000	16	\$ 64.000
Otros Equipos	Tec. Eléctrico	2	\$ 4.000	40	\$ 320.000
	Tec. Mecánico	2	\$ 4.000	40	\$ 320.000
Total					\$ 1.504.000

Con los datos de la tabla anterior se obtiene el costo anual.

Tabla 4-23: Costo de mantenimiento anual del taller

Costos de Mantenimiento Anual	\$ 18.048.000
-------------------------------	---------------

El costo de mantenimiento anual se considera constante y solo se ajusta con el IPC, la siguiente tabla muestra el resultado de los costos de mantenimiento anual para los 5 años considerados.

Tabla 4-24: Costos de mantenimiento anuales ajustados al IPC

Año	1	2	3	4	5
Costos	\$ 18.048.000	\$ 18.535.296	\$ 19.035.749	\$ 19.549.714	\$ 20.077.556

4.2.4 Costos directos

Al reparar un motor se incurren en costos de materiales, mientras que los costos de personal se mantienen fijos. En la siguiente tabla se muestran los costos de reparación de los motores.

Tabla 4-25: Costo de materiales críticos en el proceso de remanufactura

Costos de Materiales Para la Remanufactura				
Alambre Esmaltado				
Induc. [HP]	Peso App [kg]	[kg] - 10% AC - 20% DC	Costo (\$6.500 el kg)	
21 a 50	185	18,5	\$ 120.250	
51 a 100	375	37,5	\$ 243.750	
101 a 200	700	70	\$ 455.000	
201 a 500	1375	137,5	\$ 893.750	
Motores DC (50[HP])	600	120	\$ 780.000	
Material Aislante				
Induc. [HP]	Peso App [kg]	[kg] - 0,1% AC - 0,2% DC	Costo (\$18.500 el kg)	
21 a 50	185	0,185	\$ 3.423	
51 a 100	375	0,375	\$ 6.938	
101 a 200	700	0,7	\$ 12.950	
201 a 500	1375	1,375	\$ 25.438	
Motores DC (50[HP])	600	1,2	\$ 22.200	
Resina Aislante				
Induc. [HP]	Peso App [kg]	[kg] - 0,5% AC - 0,9% DC	Costo (\$31.500 el kg)	
21 a 50	185	0,925	\$ 29.138	
51 a 100	375	1,875	\$ 59.063	
101 a 200	700	3,5	\$ 110.250	
201 a 500	1375	6,875	\$ 216.563	
Motores DC (50[HP])	600	5,4	\$ 170.100	
Rodamientos				
Induc. [HP]	Peso App [kg]	Rodamientos	Costo P/U	Costo Total
21 a 50	185	2	\$ 20.000	\$ 40.000
51 a 100	375	2	\$ 45.000	\$ 90.000
101 a 200	700	2	\$ 60.000	\$ 120.000
201 a 500	1375	2	\$ 100.000	\$ 200.000
Motores DC (50[HP])	600	2	\$ 40.000	\$ 80.000
Pintura				
Induc. [HP]	Peso App [kg]	[kg] - 0,25% AC - 0,45% DC	Costo (\$25.000 el kg)	
21 a 50	185	0,4625	\$ 11.563	
51 a 100	375	0,9375	\$ 23.438	
101 a 200	700	1,75	\$ 43.750	
201 a 500	1375	3,4375	\$ 85.938	
Motores DC (50[HP])	600	2,7	\$ 67.500	

Dimensionamiento de equipos para evaluación económica

De acuerdo al “Estudio de Mercado de Motores Eléctricos en Chile” desarrollado por AETS Sudamérica S.A. [5], se obtienen las proporciones de motores que existen y que están en condiciones de ser remanufacturados. Se consideran motores sobre los 20[hp], ya que estos son de formato industrial y requieren de mayor inversión para ser remanufacturados, como también se infiere un mayor precio de venta. Las proporciones calculadas son las mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 4-26: Proporción esperada de motores a remanufacturar

Proporción de Motores a Remanufacturar	
Motores de Inducción [HP]	Proporción
21 a 50	0,4203
51 a 100	0,2934
101 a 200	0,08775
201 a 500	0,0972
Motores DC (10% de los Mot de Ind)	0,1

Para calcular los costos anuales de los materiales usados en la remanufactura se deben estimar cantidades posibles de motores a reparar, para esto se utiliza la cota máxima de reparación del taller, la cual es 20 motores remanufacturados al mes. Se considera que en el primer año de funcionamiento del taller el flujo de entrada de motores va aumentando como lo indica la siguiente tabla.

Tabla 4-27: Flujo de motores año 1

Flujo de Motores Año 1													
Motores de Inducción	Mes												Total anual
Rango de Potencia[HP]	En	Feb	Mar	Ab	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oc	No	Di	por Rango
21 a 50	1	2	3	6	8	8	8	8	8	8	8	8	78
51 a 100	1	1	2	4	5	6	6	6	6	6	6	6	55
101 a 200	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	16
201 a 500	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	18
Motores DC	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	19
Total Anual													186

Dimensionamiento de equipos para evaluación económica

Desde el año 2 en adelante se consideran flujos constantes de ingreso de motores al taller en el mejor de los casos. Este flujo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-28: Flujo de motores desde el año 2 al 5

Flujo de Motores Año 2 al 5													
Motores de Inducción	Mes												Total Anual
Rango de Potencia[HP]	En	Fe	Mar	Ab	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oc	No	Di	por Rango
21 a 50	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	101
51 a 100	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	70
101 a 200	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	21
201 a 500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	23
Motores DC	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
Total Anual													240

Con estos datos se genera la siguiente tabla

Tabla 4-29: Costo anual de materiales para la remanufactura

Costo Anual en Materiales para Remanufactura					
Motores de Inducción [HP]	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
21 a 50	\$ 15.976.984	\$ 20.615.463	\$ 21.172.080	\$ 21.743.726	\$ 22.330.807
51 a 100	\$ 23.094.358	\$ 29.799.171	\$ 30.603.749	\$ 31.430.050	\$ 32.278.661
101 a 200	\$ 12.109.737	\$ 15.625.467	\$ 16.047.355	\$ 16.480.633	\$ 16.925.610
201 a 500	\$ 25.702.973	\$ 33.165.126	\$ 34.060.584	\$ 34.980.220	\$ 35.924.686
Motores DC (10% de lo Mot de Ind)	\$ 20.828.280	\$ 26.875.200	\$ 27.600.830	\$ 28.346.053	\$ 29.111.396
Total	\$ 97.712.331	\$ 126.080.427	\$ 129.484.598	\$ 132.980.682	\$ 136.571.161

En la cual se muestran los costos anuales ajustados con el IPC para los materiales de remanufactura de motores.

4.2.5 Costo de certificación

Se genera una tabla según el costo de certificación anual de la normativa EASA, estos valores están ajustados con el IPC.

Tabla 4-30: Costo anual EASA

Costo Anual Certificación EASA				
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
\$ 3.268.900	\$ 3.357.160	\$ 3.447.804	\$ 3.540.894	\$ 3.636.498

4.2.6 Costo de arriendo de galpón

En la tabla 4-31 se muestra el precio promedio de arriendo para un galpón de 1500[m²].

Tabla 4-31: Precio promedio de arriendo para un galpón

Precio Anual Arriendo del Galpón		
Cantidad [m2]	Precio [\$/m2/Año] (Construido)	Total
1500	\$ 32.900	\$ 49.350.000

Con la tabla anterior se genera la tabla 4-32 la cual muestra los costos anuales de arriendo ajustados al IPC.

Tabla 4-32: Costos anuales de arriendo ajustados al IPC

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo Arriendo	\$ 49.350.000	\$ 50.682.450	\$ 52.050.876	\$ 53.456.250	\$ 54.899.569

4.2.7 Costo de Recursos Humanos y Otros

Se describen los costos del personal de recursos humanos en el área administrativa y de aseo.

Tabla 4-33: sueldo mensual personal RRHH y otros

Sueldo Mensual Personal Recursos Humanos y Otros			
Cargo	Sueldo Bruto	Cantidad	Costo total
Secretaria	380000	2	\$ 760.000
Recepción	300000	1	\$ 300.000
Contabilidad y Finanzas	700000	2	\$ 1.400.000
Inventario	320000	1	\$ 320.000
Aseo	290000	1	\$ 290.000
Total			\$ 3.070.000

Con los sueldos mensuales se obtienen los costos anuales ajustados al IPC como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4-34: Costo anual RRHH y otros.

Costo Anual Personal Recursos Humanos y Otros					
Año	1	2	3	4	5
Costo	\$ 36.840.000	\$ 37.834.680	\$ 38.856.216	\$ 39.905.334	\$ 40.982.778

4.3 Egresos no operacionales

En este capítulo se describirán los egresos o costos no operacionales, los cuales no tienen relación directa al proceso de remanufactura.

4.3.1 Costos de Oficina

Se describen los costos mensuales relacionados con el área de oficina del taller.

Tabla 4-35: Costos fijos de oficina mensuales

Costos Fijos Oficina Mensuales	
Servicio	Precio
Electricidad	\$ 100.000
Agua	\$ 50.000
Publicidad	\$ 150.000

Con estos costos mensuales se obtiene los costos anuales ajustados con el IPC para los 5 años considerados, esto se muestra en la siguiente tabla.

Dimensionamiento de equipos para evaluación económica

Tabla 4-36: Costos fijos de oficina anuales ajustados al IPC

Costos Fijos Oficina Anuales					
Servicio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Electricidad	\$ 1.200.000	\$ 1.232.400	\$ 1.265.675	\$ 1.299.848	\$ 1.334.944
Agua	\$ 600.000	\$ 616.200	\$ 632.837	\$ 649.924	\$ 667.472
Publicidad	\$ 1.800.000	\$ 1.848.600	\$ 1.898.512	\$ 1.949.772	\$ 2.002.416
Total	\$ 3.600.000	\$ 3.697.200	\$ 3.797.024	\$ 3.899.544	\$ 4.004.832

4.3.2 Seguros

Se considera el uso de seguros contra incendio y accidente, los cuales en conjunto se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4-37: cuota mensual para seguros

Seguros	
Cuota Mensual	\$ 450.000

Con estos costos mensuales se obtiene los costos anuales ajustados con el IPC para los 5 años considerados, esto se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-38: Costo anual de seguros

Costo Anual de Seguros					
Servicio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Seguro	\$ 5.400.000	\$ 5.545.800	\$ 5.695.537	\$ 5.849.316	\$ 6.007.248

4.4 Depreciación de activos fijos

Se considera una depreciación lineal con valor libro del 20% del activo fijo, esto se hace para todos los activos.

El costo total de los activos fijos se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-39: Costo total de activos fijos a depreciar

Costo Total de Activos Fijos	
Tipo de Activo Fijo	Precio
Equipos Eléctricos	\$ 134.371.278
Centro de Transformación	\$ 61.007.050
Equipos Mecánicos	\$ 273.204.050
Otros Equipos	\$ 74.671.281
Total	\$ 543.253.659

La depreciación y su correspondiente valor libro se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-40: Depreciación de activos fijos

Depreciación Anual Total de Activos Fijos		
Año	Dep Acumulada	Valor Libro
1	\$ 86.920.585	\$ 456.333.074
2	\$ 173.841.171	\$ 369.412.488
3	\$ 260.761.756	\$ 282.491.903
4	\$ 347.682.342	\$ 195.571.317
5	\$ 434.602.927	\$ 108.650.732

4.5 Estimación de ingresos operacionales

En este capítulo se trataran los ingresos operacionales, los cuales vienen dados directamente de la venta de motores remanufacturados.

Para conseguir máxima inserción en el mercado se considera un precio de venta de un motor remanufacturado del 50% del valor de un motor de nuevo de las mismas características operativas, suponiendo que el valor del proceso de laboratorio es del 20% del valor de un equipo nuevo, el precio de remanufactura sería del 30% del mismo equipo. Tomando lo anterior en cuenta, se puede competir con países asiáticos, los cuales poseen los precios más bajos.

En la siguiente tabla se describen precios de los motores nuevos y remanufacturados considerados en el alcance de este proyecto.

Dimensionamiento de equipos para evaluación económica

Tabla 4-41: Precio de motores nuevos vs remanufacturados

Precio de Motores Nuevos					Motor Remanufacturado
Tipo	RPM	Voltaje nominal[V]	Potencia [HP]	Precio	Precio app 30%
Inducción BT	1500	460	28	\$ 2.983.102	\$ 894.931
Inducción BT	1500	460	50	\$ 4.245.366	\$ 1.273.610
Inducción BT	1500	460	160	\$ 15.393.658	\$ 4.618.097
Inducción BT	1500	460	200	\$ 23.492.600	\$ 7.047.780
Inducción BT	1500	460	500	\$ 59.385.700	\$ 17.815.710
Inducción AT	1500	2300	200	\$ 29.021.870	\$ 8.706.561
Inducción AT	1500	6600	200	\$ 29.021.870	\$ 8.706.561
Inducción AT	1500	6600	350	\$ 46.293.664	\$ 13.888.099
Inducción AT	1500	2300	500	\$ 63.565.458	\$ 19.069.637
Inducción AT	1500	6600	500	\$ 63.565.458	\$ 19.069.637
DC Tracción BT	1750	650 estator	28	\$ 14.603.276	\$ 4.380.983
DC Tracción BT	1750	270 estator	50	\$ 24.757.723	\$ 7.427.317
DC Tracción BT	1750	650 estator	50	\$ 26.444.914	\$ 7.933.474
DC Tracción BT	1750	270 estator	160	\$ 47.896.339	\$ 14.368.902

Con los datos de la tabla anterior se pueden extrapolar precios para los márgenes de potencia utilizados en este informe, en la siguiente tabla se muestran los ingresos obtenidos en los 5 años considerados.

Tabla 4-42: Ingresos anuales por venta de motores remanufacturados

Precio Motor Remanufacturado		Ingresos Anuales por Venta de Motores Remanufacturados (Nacional e Internacional)				
Motores de Inducción [HP]	Precio Promedio app P/U	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
21 a 50	\$ 1.084.270	\$ 84.763.690	\$ 109.372.504	\$ 109.372.504	\$ 109.372.504	\$ 109.372.504
51 a 100	\$ 2.945.854	\$ 160.762.301	\$ 207.435.227	\$ 207.435.227	\$ 207.435.227	\$ 207.435.227
101 a 200	\$ 5.832.939	\$ 95.202.309	\$ 122.841.689	\$ 122.841.689	\$ 122.841.689	\$ 122.841.689
201 a 500	\$ 12.431.745	\$ 224.756.004	\$ 290.007.747	\$ 290.007.747	\$ 290.007.747	\$ 290.007.747
Motores DC	\$ 7.680.396	\$ 142.855.357	\$ 184.329.493	\$ 184.329.493	\$ 184.329.493	\$ 184.329.493
Total		\$ 708.339.662	\$ 913.986.660	\$ 913.986.660	\$ 913.986.660	\$ 913.986.660

5 Flujo de caja del taller y evaluación económica

Se realizarán dos flujos de caja, para comparar los beneficios de arrendar o construir el taller.

Se considera una tasa de impuesto típica del 25% y una TRMA del 15%.

Con los datos de los capítulos anteriores se construyen las siguientes tablas, para luego calcular el VAN y el TIR y así identificar si el proyecto es rentable o no.

5.1 Se Considera Arriendo del Galpón

En este caso se considera el arriendo del galpón y por lo tanto se consideran los gastos de adaptaciones del galpón.

En la siguiente tabla se muestran los flujos netos del taller en pesos.

Tabla 5-1: Flujos netos del taller

Período (Año)	0	1	2	3	4	5
Inversión Inicial						
	-\$ 574.874.329					
Ingresos Operacionales	\$ 708.339.662	\$ 913.986.660				
Egresos Operacionales	-\$ 474.820.468	-\$ 519.663.447	-\$ 533.694.360	-\$ 548.104.107	-\$ 562.902.918	-\$ 562.902.918
Energía Eléctrica	\$ 14.001.237	\$ 20.672.233	\$ 21.230.384	\$ 21.803.604	\$ 22.392.301	\$ 22.986.660
Sueldos Personal Taller y Apoyo	\$ 255.600.000	\$ 262.501.200	\$ 269.588.732	\$ 276.867.628	\$ 284.343.054	\$ 291.930.400
Costos de Mantenimiento	\$ 18.048.000	\$ 18.535.296	\$ 19.035.749	\$ 19.549.714	\$ 20.077.556	\$ 20.616.400
Arriendo del Galpón	\$ 49.350.000	\$ 50.682.450	\$ 52.050.876	\$ 53.456.250	\$ 54.899.569	\$ 56.342.943
Costo de Materiales para Remanufactura	\$ 97.712.331	\$ 126.080.427	\$ 129.484.598	\$ 132.980.682	\$ 136.571.161	\$ 140.161.645
Costo Anual Certificación EASA	\$ 3.268.900	\$ 3.357.160	\$ 3.447.804	\$ 3.540.894	\$ 3.636.498	\$ 3.733.102
Sueldo Personal de Recursos Humanos y Otros	\$ 36.840.000	\$ 37.834.680	\$ 38.856.216	\$ 39.905.334	\$ 40.982.778	\$ 42.086.312
Egresos No Operacionales	-\$ 9.000.000	-\$ 9.243.000	-\$ 9.492.561	-\$ 9.748.860	-\$ 10.012.079	-\$ 10.281.348
Costos Fijos de Oficina	\$ 3.600.000	\$ 3.697.200	\$ 3.797.024	\$ 3.899.544	\$ 4.004.832	\$ 4.116.120
Seguros	\$ 5.400.000	\$ 5.545.800	\$ 5.695.537	\$ 5.849.316	\$ 6.007.248	\$ 6.169.228
Menos Depreciación Anual	-\$ 86.920.585					
Resultado del Ejercicio Antes de Impuesto	\$ 137.598.609	\$ 298.159.628	\$ 283.879.154	\$ 269.213.107	\$ 254.151.077	\$ 239.140.966
Impuesto	-\$ 34.399.652	-\$ 74.539.907	-\$ 70.969.789	-\$ 67.303.277	-\$ 63.537.769	-\$ 59.772.250
Resultado del Ejercicio Después de Impuesto	\$ 103.198.956	\$ 223.619.721	\$ 212.909.366	\$ 201.909.830	\$ 190.613.308	\$ 179.368.716
Más Depreciación Anual	\$ 86.920.585	\$ 86.920.585	\$ 86.920.585	\$ 86.920.585	\$ 86.920.585	\$ 86.920.585
Flujo Neto Después de Impuestos	-\$ 574.874.329	\$ 190.119.542	\$ 310.540.307	\$ 299.829.951	\$ 288.830.416	\$ 277.533.893

Flujo de caja del taller y evaluación económica

De la cual el VAN y TIR a 5 años son:

VAN (5 Años)	\$ 283.066.330
TIR	36%

Los márgenes operacionales de cada año se muestran en la tabla 5-2.

Tabla 5-2: Margen OOPP

Año	1	2	3	4	5
Margen OOPP	32,96	43,14	41,60	40,03	38,41

Como se muestra el VAN es positivo, lo que indica que el proyecto es factible de realizar, además se muestra el TIR, el cual es mayor al TRMA, lo que indica que el proyecto es rentable en el caso de arrendar un galpón.

También se muestra el margen operacional año a año, el cual es cercano al 32% en el primer año, luego éste aumenta en el segundo año y comienza a disminuir a medida avanza el tiempo.

5.2 Se Considera la Construcción del Galpón

En este caso se considera la construcción del galpón y por lo tanto no se consideran los gastos de adaptaciones del galpón.

En la siguiente tabla se muestran los flujos netos del taller.

Flujo de caja del taller y evaluación económica

De la cual el VAN y TIR a 5 años son:

VAN (5 Años)	-\$ 145.864.674,05
TIR	9%

Los márgenes operacionales de cada año se muestran en la tabla 5-4.

Tabla 5-4: Margen OOPP

año	1	2	3	4	5
Margen OOPP	39,93	48,68	47,30	45,88	44,41

Como se muestra el VAN es negativo, lo que indica que el proyecto no es rentable dentro de 5 años, además se muestra el TIR, el cual es menor al TRMA, lo que confirma que el proyecto no es rentable en el caso de construir un galpón.

5.3 Evaluación económica

Del análisis económico se denota que el taller es rentable dentro de 5 años solo para el caso de arrendar el galpón, se muestra una tasa interna de retorno mucho mayor a la TRMA lo que indica que la inversión se recupera en un corto plazo.

Para el caso de la construcción del galpón, este arroja un TIR inferior al TRMA lo que indica que el taller no es rentable dentro de los 5 años deseados.

Si bien el proyecto es sumamente rentable en el caso de arrendar un galpón, esto se debe a la utilización de la cota máxima de ventas, la cual corresponde a la cota máxima de producción del taller. Esto no quiere decir que todos los años se vendan la totalidad de motores remanufacturados en la empresa, pero sí se esperarían ventas aproximadas ya que se puede incluir un mercado extranjero.

Discusión y conclusiones

La necesidad de la industria chilena frente a un escenario que busca ser competitiva primeramente en el mercado nacional, para dar paso a la competencia en el mercado internacional, ha desembocado en la búsqueda de nichos de negocio, en este caso la remanufactura de motores eléctricos. Los aspectos económicos y técnicos a desarrollar estarán enfocados a lograr la creación de un nuevo mercado.

Para lograr esto es necesario realizar estudios para asegurar la factibilidad y sustentabilidad de esta industria. Si bien el estudio del área económica-técnica de este proyecto es extenso, no se debe perder de vista que los beneficios principales son en el área ambiental, ya que en sí, la remanufactura se enfoca en la economía de materiales y energía.

Se espera comenzar una nueva etapa en la industria chilena marcada por el uso responsable de las materias primas y de la energía, para a fin de cuentas crear un cambio en el mercado desde el punto de vista económico-social que apunte al resguardo del planeta mediante nuevos sistemas eficientes de gestión de desechos. Lo cual nos posicionará como país en un nivel internacional en el ámbito ambiental y de gestión de procesos.

En el proceso de creación de un layout es necesario reconocer todos y cada uno de las etapas que se realizarán a lo largo del proceso que se está estudiando, para esto se basó en la normativa EASA y sus exigencias. Los procesos críticos del layout son el quemado y creación de bobinados, estos procesos definen el tiempo que tardará un motor en estar remanufacturado, desde que entra al proceso hasta que sale del proceso, siendo el proceso más crítico (en tiempo) el quemado del motor, ya que debe estar varias horas dentro del horno y luego varias horas más en enfriamiento (no debe tener enfriamiento forzado ya que se pueden perder las características constructivas de las clapas en el núcleo).

Luego de tener las etapas definidas se pueden fusionar aquellas que sean pertinentes y también especificar los equipos necesarios para el desarrollo del proceso, las etapas que se pueden ejecutar de manera paralela son la mantención o remanufactura del estator y la del rotor, ya que ambos bobinados se pueden crear de manera separada en líneas de producción distintas. También se pueden hacer de manera paralela los procesos de quemado y extracción del bobinado antiguo.

El uso de tecnologías 4.0 da un paso enorme para la diferenciación entre este taller de remanufactura con respecto a los talleres de reparación y remanufactura de motores existentes en Chile, ya que estos últimos no utilizan normativas internacionales en sus procesos y por esta razón se encuentran limitados a un mercado más acotado al no poder exportar productos (no tienen certificación). En este sentido el proyecto propuesto es muy superior.

Según el dimensionamiento eléctrico del taller, el laboratorio consume la gran mayoría de la energía de la subestación esto se debe a las pruebas con carga en motores que se efectuarán en dicho laboratorio las cuales pueden durar horas y con la maquina en prueba funcionando en régimen nominal.

Del análisis económico se denota que el taller es sumamente rentable solamente para el caso de arrendar el galpón. Recordemos que en la remanufactura no se crean todas las piezas, y procesos claves en el costo de producción ya están hechos, como es el caso del frame y rotor, así no se incurre en un gasto de creación de todas las piezas y el nivel de ahorro en energía, materias primas, personal y maquinarias es importante.

Para el caso de construcción del galpón, no es rentable de acuerdo a los márgenes de TRMA esperados, pero independiente de esto, si se generan ganancias aunque estas no cubren la inversión dentro de 5 años.

Si bien el proyecto es sumamente rentable en el caso de arrendar un galpón, esto se debe a la utilización de la cota máxima de ventas, la cual corresponde a la cota máxima de producción del taller (20 motores al mes en estado estable). Esto no quiere decir que todos los años se vendan la totalidad de motores remanufacturados en la empresa, pero sí se esperarían ventas aproximadas ya que se puede incluir un mercado extranjero. A esto también hay que agregarle el bajo costo de venta de los motores, los cuales se venderían al 50% del valor de un motor de las mismas condiciones pero nuevo, este 50% corresponde a la suma del 20% por parte del proceso de laboratorio, el cual es un valor aproximado típico y el otro 30% corresponde al proceso de remanufactura en sí. El precio de venta es un gran punto de competencia, ya que al estar certificados los motores, estos podrían competir con otras empresas manufactureras e incluso compañías asiáticas que son las que poseen precios más bajos.

Bibliografía

- [1] Economía en Chile - Biblioteca Nacional.
- [2] The Hellen MacArtur Foundation: hacia una economía circular.
- [3] "Circular Economy - European Commission".
- [4] Reman. Rema - Re[evalue]manufacturing.
- [5] AETS Sudamérica S.A., "Estudio de mercado de motores eléctricos en Chile," Abril 2010.
- [6] Organización para la Cooperación y desarrollo Económico.
- [7] Rhona, "Catálogo Rhona," 2017.
- [8] Siemens, "Lista de precios Siemens," 2016.
- [9] WEG, "Mercado latinoamericano de motor eléctrico," 2016.
- [10] Inc Eléctrica Aparatus Service Association, "Norma EASA 100 Práctica recomendada para la reparación de máquinas eléctricas rotativas.," EASA, EEUU, 2015.
- [11] "DFL N°458 - Fija valores unitarios de construcción,".
- [12] Tarifas Enel.
- [13] "Norma Chilena Oficial NCh ISO 9001," 2009.
- [14] Comisión Nacional de Energía.
- [15] Mitei, "Electric motor remanufacturing and energy savins," 2010.
- [16] "Aspectos relevantes de la remanufactura," *Aristas*, 2014.

[17] "Norma Chilena de Electricidad - NCh elec 4," 2003.

[18] SII.

[19] Biblioteca Nacional. Economía en Chile.

A Puntos claves en el proceso de remanufactura según EASA

A.1 De acuerdo a EASA

De acuerdo a la normativa EASA se obtienen las siguientes etapas para un proceso de remanufactura de motores.

1. Recogida: Se retira el motor del patio de salvataje o el lugar donde este depositado.
2. Identificación:
 - i. Marcación: las máquinas y componentes deben ser marcados en adelante en todo el proceso si es necesario para mantener su constante identificación y pertenencia.
 - ii. Registro: se debe crear un registro a la entrada del proceso y registros de cada modificación en el proceso.
 - iii. Placa de datos: de ser posible se debe conservar la placa original, de lo contrario instalar una placa con la palabra: “rediseñado”
3. Condiciones de evaluación e investigación de fallos: se debe inspeccionar y probar la máquina (si es posible), para confirmar su estado y obtener los datos necesarios para realizar una investigación de los fallos (si es necesario) y enfoque en las áreas a reemplazar y/o reparar.
4. Inspección y limpieza externa:
 - 2.1. Inspección: para la inspección de debe limpiar la superficie externa de ser necesario, se debe identificar cada componente y verificar signos de degradación como oxidación, corrosión, etc.
 - 2.2. Limpieza: Todas las partes de la máquina deben limpiarse de los contaminantes (polvo, arenilla, aceite, etc).
5. Desmontaje total: En esta etapa se debe desmontar de forma metódica y por completo la máquina, se deben marcar todos los componentes (componentes internos, externos, cables de salida, terminales de conexión, etc.).
6. Inspección y limpieza interna: Se deben verificar, luego de la limpieza de cada componente, el estado de los mismos en busca de fisuras, signos de degradación o desgastes en soportes.

7. Separación y selección de componentes: Se separan los componentes que necesiten de mantención o reparación de aquellos que pueden ser usados de manera directa.
8. Restauración o reemplazo de partes: Una vez identificadas las piezas que no son utilizables en el proceso de remanufactura se procede a verificar si es posible su reparación y si es conveniente el reemplazo de esta(s) pieza(s).

Las piezas y elementos a reparar (si es posible) recomendadas por EASA son:

- 8.1. Eje: se debe verificar la tolerancia de diámetros (de ejes y chaveteros), excentricidad del eje.
- 8.2. Rodamientos: Preferentemente se desea el reemplazo de estos componentes tales como rodamientos de bolas o rodillos, cojinetes anti-fricción, anillos de lubricación, sellos, retenes, etc.
- 8.3. Lubricación: recambio del aceite o grasa si es necesario.
- 8.4. Carcasa y alojamientos de los rodamientos: En la etapa anterior de deben haber determinado si existen fisuras o desgastes. También se deben verificar la tolerancia de la superficie de montaje, la excentricidad y el alabeo.
- 8.5. Núcleos: se deben verificar la existencia de puntos calientes, daños físicos o partes faltantes del núcleo rotativo y del estator.
- 8.6. Balanceo dinámico o equilibrado.
- 8.7. Anillos rozantes.
- 8.8. Colectores.
- 8.9. Porta escobillas.
- 8.10. Escobillas y su ajuste.
- 8.11. Entrehierro de las máquinas.
- 8.12. Accesorios: Tales como condensadores, interruptores y elemento de arranque, borneras, resistencias de calefacción, sensores de temperatura, etc.
- 8.13. Rebobinado:
 - i. Inspección: se deben inspeccionar las láminas del núcleo, las protecciones térmicas y sensores.
 - ii. Especificación del rebobinado: Se deben mantener las mismas características eléctricas que el bobinado original o, si es posible, se pueden modificar si se desea por bobinados con mejores prestaciones (esto último no lo indica la norma).
 - iii. Desmantelamiento de los bobinados: se debe cuidar el aislamiento de las bobinas si es que serán reutilizadas. Se debe inspeccionar cada ranura en búsqueda de partes filosas que puedan provocar daños en la puesta del nuevo bobinado o bobinado reparado.
 - iv. Sistema de aislamiento: los materiales y los procedimientos empleados para su instalación deben ser iguales o superiores que el original.
 - v. Conductores: se debe conservar o aumentar la calidad mecánica de los conductores, la ampacidad y el aislamiento deben ser adecuados para el ambiente de trabajo del motor.

- vi. Bobinas de estatores, rotores y armaduras: las cabezas de las bobinas no deben ser más largas que las originales, el área o sección de los conductores debe ser la especificada originalmente.
 - vii. Bobinas de campo.
 - viii. Bobinados de amortiguación y jaulas de ardilla: las barras de la jaula de ardilla y los bobinados de amortiguación deben permanecer firmes dentro de las ranuras del núcleo.
 - ix. Protecciones térmicas o sensores: Estos deben tener características térmicas y eléctricas idénticas que las originales.
 - x. Moldeado y atado de los bobinados en el estator: Para mantener las distancias de seguridad con el rotor, estator, carcasa, alojamiento de los rodamientos, deflectores de aire y las partes metálicas de la carcasa, las cabezas de los bobinados pueden ser moldeadas y atadas como se considere necesario. En máquinas que tienen aros metálicos de soporte, estos deben quedar debidamente aislados, fijados, ajustados y atados de una forma precisa a las bobinas, para garantizar un soporte firme al bobinado. Los bobinados deben conservar las mismas características térmicas, eléctricas y mecánicas que los originales, a no ser que se haga un re-diseño debido a un acuerdo con o por instrucciones del cliente.
 - xi. Conexiones de las bobinas: Se deben usar soldaduras con adecuada conductividad y resistencia mecánica. Las conexiones deben estar aisladas de manera apropiada de tal manera que soporten los niveles de temperatura y voltaje de la máquina.
 - xii. Cuñas.
 - xiii. Zunchado de rotores y armaduras.
 - xiv. Impregnación de los bobinados y núcleo: Los devanados de las máquinas rebobinadas deben ser precalentados, barnizados/resinados y curados usando procedimientos y materiales con una clasificación térmica suficiente para soportar la operación normal de la máquina. La impregnación debe ser compatible para todo el sistema de aislamiento y adecuada para el ambiente de trabajo de la máquina.
9. Acabado exterior: los equipos deben estar extremadamente limpios y pintados, a no ser que el cliente lo solicite de otra forma.
10. Test de laboratorio.
11. Embalaje y transporte: una vez terminado el proceso de remanufactura y de pruebas (si es que el laboratorio de pruebas se encuentra en el mismo lugar que el taller, si no se procede a hacer lo que sigue), se procede a embalar de forma adecuada y acorde con el transporte que se utilizara (aérea, terrestre, marítima, y sus particulares). Se recomienda hacer bloqueo al eje.
12. Autorización para la entrega y despacho: las máquinas remanufacturadas deben tener un registro del proceso y una orden de entrega.