



UNAPEC
VICERRECTORÍA DE
ESTUDIOS DE POSGRADO

Trabajo Final para Optar por el Título de
Maestría en Gerencia y Productividad

Título

Mejora de Proceso en el Manejo de Producto Terminado
en una Planta de Ferroníquel

Sustentante

Joel Santiago Faneite Ross

Matricula

2015-0762

Asesor (a)

Dra. Sención R. Yvelice Zorob Avila

Distrito Nacional, D.N.

Noviembre, 2016

RESUMEN

La mejora de procesos es una metodología sistemática para monitorear constantemente el desempeño de las operaciones de los negocios, estudiarlas y aprender sobre estas para producir cambios (graduales y/o radicales) con el fin de aumentar la productividad y la rentabilidad de la empresa. Para las empresas del sector minería, y en el caso particular de las planas productoras de ferroníquel, el proceso de manejo del producto terminado juega un papel central y de alta importancia en la cadena de valor empresarial. Esta actividad primaria es la responsable de hacer que el producto esté listo para los procesos de gestión comercial y la exportación. Los responsables de dirigir el proceso de manejo de producto terminado deben mostrar habilidad, interés y capacidad para adecuar las operaciones a las nuevas tendencias en el sector. La mejora propuesta está basada en el desarrollo y aplicación de un sistema automatizado, totalmente computarizado el cual requiere de un mínimo factor humano para su operación. Con el objetivo de mantener un registro histórico del desempeño del proceso, se proponen una serie de indicadores para el análisis del mismo los cuales aportarían datos reales como soporte en el proceso de toma de decisiones gerenciales. Adicionalmente, estos indicadores pueden ser utilizados para validación y diagnóstico de cualquier tipo de proceso.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Luego de mucho esfuerzo y sacrificio se ha logrado alcanzar la meta y cumplir el objetivo: elaborar un trabajo de investigación que refuerce y fomente el espíritu de la mejora continua y la excelencia operacional en los negocios. Además, que sirva como estímulo para “curiosear” con nuestros procesos existentes y sonar con el futuro. Este trabajo está dedicado, muy cordialmente, a los Sres. Christos Petridis y Víctor Brea por ser fuente de inspiración diaria a la búsqueda de mejoras significativas en nuestra planta de proceso.

Especial agradecimiento a los diferentes equipos de ingeniería de Falcando por todo el soporte brindado durante la elaboración de este trabajo. A destacar los ingenieros Elvin Ferreras, David Camilo, Pedro Tiburcio, Laura León, Juan Fco. Terrero, Miguel Ángel García y Sandy Sánchez.

Los procesos son para ser estudiados y mejorados.

Joel S. Faneite Ross

INIDCE

RESUMEN	ii
DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS	iii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: EL MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO EN PLANTAS DE FERRONIQUEL	1
1.1 Origen y Evolución del Manejo de Producto Terminado.....	4
1.2 Tendencias del Manejo de Producto Terminado en Plantas de Ferroníquel	11
1.3 Diagnóstico y Situación Actual del Manejo de Producto Terminado en Falcondo ...	18
CAPITULO II: DISEÑO DE MEJORA DE PROCESO DEL MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO EN FALCONDO	4
2.1 Condiciones Previas y Requisitos Básicos para la Mejora de Proceso	29
2.2 Fundamentos Teóricos de la Mejora de Procesos	31
2.3 Mejora de Proceso Aplicada al Manejo de Producto Terminado	39
CAPITULO III: VALORACION Y EJEMPLIFICACION DE LA MEJORA DE PROCESO EN EL MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO EN FALCONDO	29
3.1 Valoración y Ejemplificación de la Mejora de Proceso en el Manejo del Producto Terminado en la Estación de Empaque	29
3.2 Ventajas y Desventajas de la Mejora de Proceso en el Manejo del Producto Terminado	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	35
ANEXOS	38

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diferentes tamaños de contenedores.....	10
Tabla 2. Clasificación del producto final según tamaño.....	24
Tabla 3. Carga máxima de producto según tipo de empaque.....	24
Tabla 4. Parámetros comparativos.....	29
Tabla 5. Parámetros comparativos (parte 2).....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Lingote de ferroníquel.	6
Figura 2. Máquina de colado de lingotes (Pig Casting Machine).....	6
Figura 3. Correa con moldes de conos (Cone Casting Machine).	7
Figura 4. Ferroconos (producto terminado).	8
Figura 5. Imagen de un sistema de tolvas.....	9
Figura 6. Sacos (Big Bags) de ferroníquel para exportación.	10
Figura 7. Sistema de granulación de metal.	12
Figura 8. Gránulos de ferroníquel.....	13
Figura 9. Gránulos de ferroníquel (16% Ni).	13
Figura 10. Gránulos apilados de producto terminado.....	14
Figura 11. Diferentes métodos de carga a granel	15
Figura 12. Utilización de tolva para carga a granel	16
Figura 13. Máquina semiautomática de llenado de sacos (peso neto).....	17
Figura 14. Máquina semiautomática de llenado de sacos (peso bruto).	17
Figura 15. Máquina automática de llenado de sacos	18
Figura 16. Diagrama de flujo simplificado: manejo de producto terminado.	23
Figura 17. Simbología en diagramas de flujo	23
Figura 18. Configuración (Layout) del sistema actual	25
Figura 19. Precio del níquel (USD/lb) 2011-2016.....	26
Figura 20. Precio del níquel (USD/lb) año 2016	26
Figura 21. Tasa de cambio del dólar 365 días	27
Figura 22. Precio del barril de petróleo 2011-2016 (USD).	27
Figura 23. Secuencia de proceso.....	31
Figura 24. Actividades internas de un proceso	31
Figura 25. Ciclo PDCA	35
Figura 26. Ciclo PDSA	35
Figura 27. Diagrama del análisis del proceso.....	37
Figura 28. Configuración (Layout) del nuevo sistema	40
Figura 29. Diagrama de flujo mejorado para manejo de producto terminado.....	42

Figura 30. Ejemplo software HMI	43
Figura 31. Diagrama de control general	44
Figura 32. Indicadores de desempeño de procesos.....	45

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el desarrollo tecnológico e industrial a nivel mundial ha incrementado la demanda de ferroaleaciones, como el ferroníquel, las cuales son utilizadas en los procesos de manufactura de las industrias productoras de dispositivos y artículos para diversos sectores desde computadoras hasta aeronaves. En este sentido, cada vez más las plantas productoras de ferroníquel buscan operar con procesos más productivos, eficientes y eficaces los cuales le permitan despachar el producto terminado manteniendo el ritmo y la demanda al por mayor que tienen los grandes consumidores de ferroníquel. Es por esta razón que se necesita adecuar la estación de empaque de producto terminado, la cual reclama ser actualizada desde hace varios años, a los estándares de despacho existentes hoy a nivel internacional que identifican a los productores como de clase mundial con el fin de poder satisfacer y exceder las expectativas de los clientes industriales.

De esta forma se evidencia un latente problema de investigación: cómo aumentar la capacidad de flujo de la estación de empaque actual, reducir los tiempos del proceso, optimizar la utilización del espacio.

Con miras a solucionar esta problemática se desarrolla la presente investigación, por lo que tomando como objeto de estudio el proceso de manejo del producto terminado se busca entender la métrica de este proceso y mejorarlo a los niveles de tendencia mundial existentes hoy día.

En consonancia con el problema planteado se formula el siguiente como objetivo general de la investigación: elaborar una mejora del proceso de manejo de producto terminado en una planta de ferroníquel.

De igual forma el autor establece como objetivos específicos de la investigación los siguientes:

1. Analizar o caracterizar el proceso de manejo del producto terminado en una planta de ferroníquel.
2. Elaborar el modelo que se expresa en la mejora de procesos aplicada a la estación de empaque en una planta de ferroníquel.
3. Valorar, corroborar mejora del proceso propuesta en una planta de ferroníquel con un proceso de manejo del producto terminado transformado.

En este sentido, el autor plantea el campo de acción como “una planta de ferroníquel” con la que se refiere en particular a la estación de empaque en la planta de Falconbridge Dominicana (Falcondo).

Con el objetivo de desarrollar esta investigación se desarrollaron las siguientes actividades científicas:

1. Recopilación de información bibliográfica, impresa y digital, para desarrollar el marco teórico conceptual.
2. Aplicación de la técnica de entrevista a los profesionales responsables de la dirección del proceso bajo estudio en la planta.
3. Aplicación del método de la observación para realizar el diagnóstico del objeto de estudio.
4. Utilización de herramientas básicas de calidad para complementar el diagnóstico y levantar datos de campo.
5. Elaboración de la propuesta tomando como base los datos obtenidos durante la investigación para ejemplificar la implementación de esta.
6. Aplicación del criterio de expertos durante la elaboración de la propuesta de mejora de proceso.

Se espera que los datos recopilados en esta investigación, las herramientas aplicadas, las informaciones de elaboración propia y los aportes en el campo de acción puedan ayudar a la empresa a emprender un futuro proyecto de mejora en la estación de empaque. De igual manera, se espera que la investigación sirva como justificación para realizar el proyecto. Adicionalmente, la investigación pretende ser un aporte a la cultura de calidad y de mejora continua de la organización ofreciendo un marco de referencia para la implementación de la herramienta de mejora de procesos.

La investigación consta de tres capítulos que se desarrollan de la manera siguiente. En el primer capítulo, se plasma el origen y evolución del manejo del producto terminado, así como también las tendencias en este proceso a nivel mundial, concluyendo con la situación actual de este proceso en la planta. En segundo capítulo, se establecen las condiciones previas para la aplicación del modelo al igual que los fundamentos teóricos de este, finalmente, se desarrolla la mejora de proceso a ser implementada. En el tercer y último capítulo, se valora y se ejemplifica la mejora del proceso de manejo de producto terminado, se expresan sus ventajas y desventajas, igualmente, sus oportunidades y amenazas.

**CAPITULO I: EL MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO
EN PLANTAS DE FERRONIQUEL**

1.1 Origen y Evolución del Manejo de Producto Terminado

El origen del manejo del níquel como producto terminado, y la utilización de este, es tan antiguo como el mismo metal. A nivel internacional, se puede resumir su historia con el sumario presentado por el *Nickel Institute* en su portal.

El níquel se ha encontrado en los objetos metálicos que datan de más de 2,000 años. Se identificó y se aisló como un elemento por el químico sueco, Axel Cronstedt, en 1751. En el siglo 19, se dio a conocer en el enchapado y en aleaciones como el "níquel plata" (plata Alemana) en la que está aleado con el cobre y el zinc. ¡Esta aleación se llama así por su color y no contiene ninguna plata!

El nombre de níquel proviene del término sajón 'kupfernickel' o Cobre del Diablo, porque los mineros del siglo 15 pensaron que el mineral se veía de color marrón rojizo como el cobre, pero era demasiado difícil de minar y también creían que les estaba envenenando (¡en realidad era el arsénico que estaba haciendo esto!).

Las monedas en EE.UU. utilizaron por primera vez aleación de níquel con cobre en 1857. El "níquel" no era puro, pero en 1881, se utilizó níquel puro para las monedas en Suiza.

Los aceros inoxidable fueron descubiertos a principios del siglo 20 y se encontró que el níquel tiene un papel muy beneficioso en muchos de los grados comunes, una situación que continúa hasta nuestros días. Se han encontrado aleaciones a base de níquel que tienen una excelente resistencia a la corrosión y resistencia a alta temperatura, lo que hizo que sean adecuadas para plantas químicas y también permitió la realización práctica del motor a reacción. Como resultado de estos desarrollos, el níquel disfrutó de un muy fuerte crecimiento de la demanda en el siglo 20 y continúa haciéndolo. (Nickel Institute, 2016)

Una gran cantidad de países producen este metal a nivel internacional, sin embargo, su volumen de producción es mucho menor al de otros metales y/o aleaciones.

El níquel se produce en la naturaleza principalmente como óxidos, sulfuros y silicatos. Minerales de níquel se extraen en más de 23 países y son fundidos o

refinados en 25 países. Más importantes son Rusia, Canadá, Nueva Caledonia, Australia, Indonesia, Cuba, China, África del Sur, República Dominicana, Botsuana, Colombia, Grecia y Brasil. Importantes refinerías de níquel también operan en Noruega, Finlandia, Francia, Japón y el Reino Unido. El níquel primario se produce y se utiliza en la forma de ferro-níquel, óxidos de níquel y otros productos químicos, y como metal de níquel más o menos puro. El níquel también se recicla fácilmente de muchas de sus aplicaciones, y muchas toneladas de níquel secundario o "chatarra" se utilizan como complemento del metal recién extraído.

Sólo alrededor de 1,4 millones de toneladas de níquel nueva o primaria se producen y usan anualmente en el mundo, en comparación con más de 10 millones de toneladas de cobre y cerca de 800 millones de toneladas de acero. (Nickel Institute, 2016)

A nivel local, en República Dominicana, el manejo de producto terminado se remonta a los orígenes de la planta misma, es decir, a principios de la década de los setentas, "La planta de proceso consiste en una planta de Preparación de Mineral, donde el material se tritura, clasifica y seca. Luego pasa a un proceso pirometalúrgico¹ en las plantas de Reducción y Fundición. En la primera, se liberan los óxidos y en la segunda se funde el mineral" (Falcondo, 2014). El objetivo del proceso de manejo de producto terminado es tomar el ferroníquel fundido, el cual es el producto de salida de la planta de fundición y refinación, para darle la forma adecuada, posteriormente lavarlo, clasificarlo según sus características, pesarlo y almacenarlo para ser despachado a los clientes finales.

Se pueden identificar dos etapas históricas de este proceso. Durante la primera etapa, la cual comprende desde 1971 hasta finales de la década de los noventas, el ferroníquel fundido se vertía en una cadena de grandes moldes con forma de lingotes, una vez que el metal se solidificaba se extraían de los moldes los lingotes del metal para luego ser depositados en camiones mineros y ser transportados hasta un área donde se clasificaban, mecánicamente, de acuerdo a su tamaño y posteriormente eran almacenados y despachados para exportación.

¹ Técnica de refinación de metales utilizando calor.

Esta forma de manejar el ferroníquel requiere la utilización de grandes equipos móviles, como camiones, para transportar el metal desde el área de vaciado de moldes hasta el área de clasificación almacenamiento y/o despacho. Por lo tanto, se debe tener en línea la suficiente cantidad de vehículos para mantener sin interrupciones el flujo de salida de lingotes. Este proceso es intensivo en vehículos operados por el factor humano y supone un área para el tránsito de vehículos pesados, así como también actividades posteriores al transporte para la clasificación y organización de los lingotes a ser despachados.



Figura 1. Lingote de ferroníquel.

Obtenido de: <http://www.indiamart.com/kshitij-associates/metal-ingots.html>

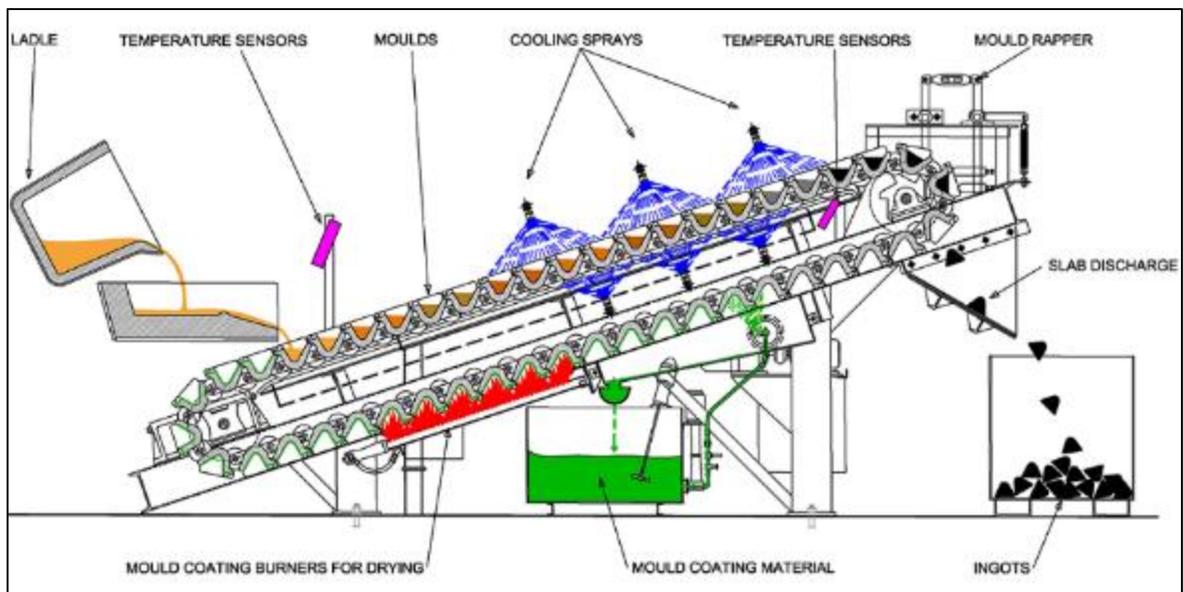


Figura 2. Máquina de colado de lingotes (Pig Casting Machine).

Obtenido de: <http://www.economyindustrial.com/images/casting/economy-industrial-pig-casting-machine-schematic.png>

La figura anterior muestra una máquina de colado de metal similar a la que se utilizaba en la primera etapa; la máquina de la figura fue diseñada para metales no ferrosos (como el cobre o el aluminio), sin embargo, el principio de funcionamiento es el mismo para las ferroaleaciones. Aunque el ferroníquel en forma de lingotes es difícil de manejar (por su gran tamaño y su gran peso) tanto para la empresa productora como para el cliente final, actualmente todavía existen empresas internacionales que aún manejan el metal en forma de lingotes; esto debido a que sus clientes así lo requieren.

Con el pasar del tiempo los grandes consumidores de ferroaleaciones (materia prima de estos para sus procesos industriales) empiezan a demandar producto terminado con otra forma física, es así como surge la segunda etapa histórica del proceso la cual comprende, en la planta bajo estudio, desde 1997 hasta la actualidad. Esta nueva etapa tiene como característica principal que la presentación del producto es diferente, en lugar de lingotes en este momento la planta está en capacidad de entregar producto en forma de ferroconos los cuales son más fáciles de clasificar, manejar y almacenar. La correa con moldes de lingotes fue remplazada entonces por una con moldes de conos similar a la que se muestra en la figura siguiente. Aunque la imagen muestra moldes cilíndricos el principio es el mismo para moldes de conos, solo se altera la forma.

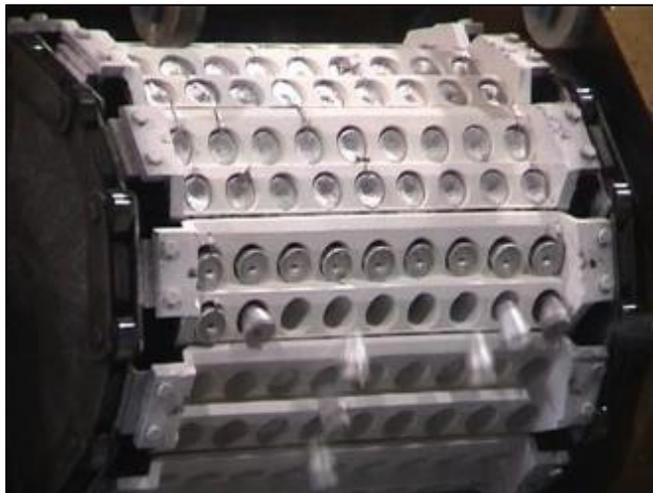


Figura 3. Correa con moldes de conos (Cone Casting Machine).
Obtenido de: <http://3.imimg.com/data3/FT/UI/MY-101947/20-500x500.jpg>

La siguiente figura muestra la forma física del producto resultante de un molde de conos.



Figura 4. Ferroconos (producto terminado).

Se crean entonces, principalmente, dos áreas adicionales para manejo de producto terminado. La primera es el área de almacenamiento en tolvas en esta se puede depositar el producto hasta que sea requerido por la estación de empaque, la cual es la segunda área creada con esta evolución. Dicha estación está conformada por dos estaciones de envase donde se lava, clasifica, envasa y se pesa el producto terminado, más adelante este se almacena en el patio, al aire libre, en sacos o suelto, y se despacha para exportación.

Esta evolución en la forma en que se maneja el producto se apoya en la automatización industrial y en los sistemas de correas transportadoras y clasificadoras. El proceso en esta etapa es más flexible, puesto que permite tomar un proceso de producción en línea de alto volumen y convertirlo en uno intermitente, o por lotes, cuando sea necesario ya que contiene un área de almacenamiento intermedio en tolvas.



Figura 5. Imagen de un sistema de tolvas.

Obtenido de: <http://cdn.pymesenlared.es/img/56/728/23797/0x1200/dscf0023.jpg>

La figura anterior muestra un sistema de tolvas de almacenamiento similar al existente en la planta de proceso.

Se manifiestan entonces dos formas de envasar (empacar) el ferroníquel: en sacos o a granel en contenedores. Los sacos mayormente son unidades de 2,000 kg que contienen ferroconos estándar (FCS) - aunque también se puede envasar en otras variaciones de tamaños y pesos - los cuales, luego de ser pesados, etiquetados con tarjetas sintéticas² y almacenados al aire libre, son exportados en contenedores de diferentes tamaños. Para el caso de los contenedores, que de igual forma los hay de diferentes medidas, estos se llenan de producto a granel y se les coloca la etiqueta sintética. En ambos escenarios de envases el proceso de carga de contenedores se realiza con máquinas montacargas.

² Estas tarjetas contienen información importante para el proceso tal como: número de lote, contenido de níquel, peso, etc.



Figura 6. Sacos (Big Bags) de ferroníquel para exportación.
Fuente: elaboración propia.

La siguiente tabla muestra las diferentes medidas de los contenedores utilizados hoy en día para exportación y su carga máxima.

Medidas (interiores) de los contenedores más utilizados tipo <i>Dry Van</i>			
Concepto	20 pies 20' x 8' x 8'6"	40 pies 40' x 8' x 8'6"	40 pies High Cube 40' x 8' x 9'6"
Tara	2300 kg / 5070 lb	3750 kg / 8265 lb	3940 kg / 8685 lb
Carga máxima	28 180 kg / 62 130 lb	28 750 kg / 63 385 lb	28 560 kg / 62 965 lb
Peso bruto	30 480 kg / 67 200 lb	32 500 kg / 71 650 lb	32 500 kg / 71 650 lb
Uso más frecuente	Carga seca normal: bolsas, palés , cajas, tambores, etc.	Carga seca normal: bolsas, palés, cajas, tambores, etc.	Especial para cargas voluminosas: tabaco, carbón.
Largo	5898 mm / 19'4"	12 025 mm / 39'6"	12 032 mm / 39'6"
Ancho	2352 mm / 7'9"	2352 mm / 7'9"	2352 mm / 7'9"
Altura	2393 mm / 7'10"	2393 mm / 7'10"	2698 mm / 8'10"
Capacidad	33,2 m ³ / 1172 ft ³	67,7 m ³ / 2390 ft ³	76, m ³ / 2700 ft ³

Tabla 1. Diferentes tamaños de contenedores.
Obtenido de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Contenedor>

Es importante mencionar que junto con la segunda etapa se implementó un sistema de manejo de información electrónica basado en la plataforma Oracle®. Este sistema electrónico permite administrar una base de datos para el almacenamiento y el despacho del ferroníquel por lotes. El sistema aporta al proceso las características de trazabilidad, registro y control para el manejo de producto terminado. La plataforma electrónica genera la información contenida en las etiquetas sintéticas que identifican el producto terminado despachado o listo para despachar.

1.2 Tendencias del Manejo de Producto Terminado en Plantas de Ferroníquel

A nivel mundial hoy en día existen varias tendencias, una de ellas es la utilización de sistemas de granulación, este sistema convierte metal líquido en gránulos mediante la rápida solidificación en agua. Aunque la granulación del metal forma parte del proceso de producción de la ferroaleación, más que del manejo del producto terminado, la utilización de este sistema afecta directamente la forma en la que se maneja el producto final, de aquí la importancia de conocer esta tendencia la cual es utilizada cada día más.

Según su experiencia desarrollando e implementando este tipo de sistemas Economy Industrial (2016) ha establecido que el producto granulado es costo efectivo tanto para el productor de la ferroaleación como para el consumidor industrial que utiliza estos metales como materia prima.

Dado que el tiempo de fusión de los gránulos es más corto, los costes de producción generalmente se reducen cuando se utilizan gránulos dentro de la mayoría de los procesos de fusión en la industria metalúrgica. Los gránulos también reducen los costes de manipulación. El producto granulado es fácil de manejar, transportar y almacenar. Los gránulos son adecuados para la mayoría de tipos de alimentadores de manejo de materiales. (Economy Industrial, 2016)

Con las tecnologías existentes en el presente se pueden implementar exitosamente sistemas de granulación con capacidades de hasta 300 toneladas por hora, es decir, estos sistemas son indudablemente muy superiores en capacidad de procesamiento a los sistemas tradicionales en los que se utilizan moldes de distintas formas para el vaciado del metal. Los procesos de granulación existen en diferentes versiones adaptadas a las necesidades de cada planta y dependiendo del tipo de sistema que se utilice los gránulos resultaran de distintas especificaciones físicas y químicas.

El sistema de granulación desarrollado por la empresa estadounidense Economy Industrial se muestra en la imagen siguiente con cada uno de sus elementos.

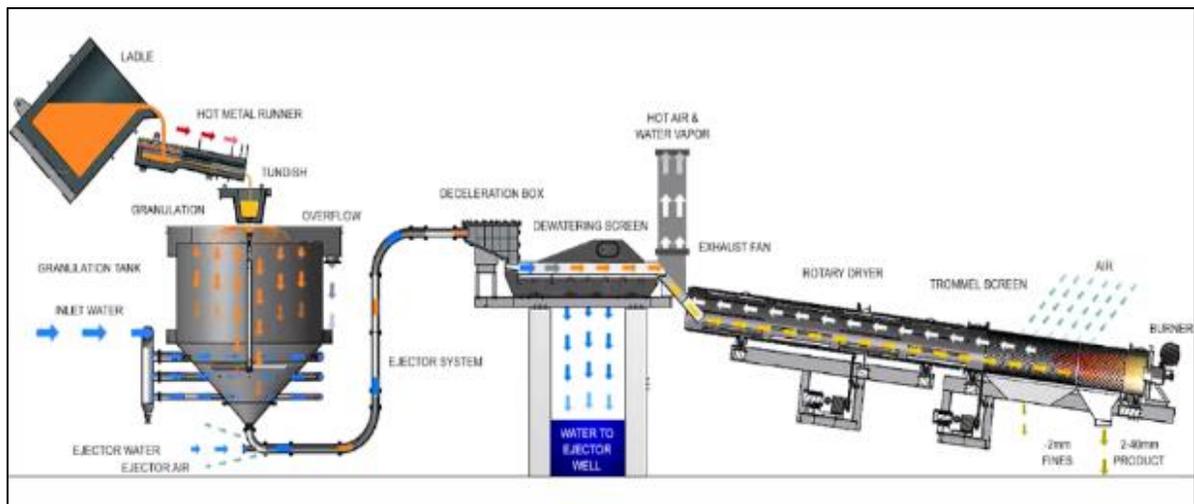


Figura 7. Sistema de granulación de metal.

Obtenido de: <http://www.economyindustrial.com/metal-granulation.html>

La siguiente imagen muestra los gránulos de ferróníquel con tamaños que varían de 2 a 25 mm, para este fabricante de sistemas de granulación los gránulos menores a 2 mm se consideran como finos y son evacuados del sistema por una vía independiente a la del producto estándar.

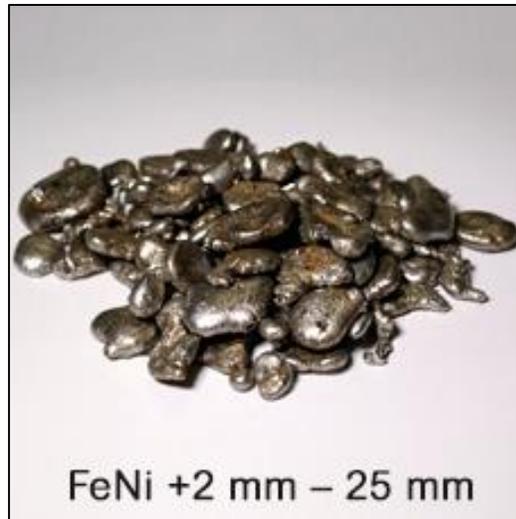


Figura 8. Gránulos de ferroníquel.

Obtenido de: <http://www.economyindustrial.com/metal-granulation.html>

Ejemplos de empresas que utilizan este proceso de producción se pueden encontrar en centro y sur América, una de estas empresas es Guaxilan S.A. (localizada en Guatemala) perteneciente a Cunico Group. En la imagen a continuación se puede apreciar un producto terminado con 16% de Níquel, producido por Cunico Group, el cual es totalmente distinto en apariencia y contenido al producido por Economy Industrial, ambos obtenidos con sistemas de granulación, aunque de diferentes configuraciones.



Figura 9. Gránulos de ferroníquel (16% Ni).

Obtenido de: <http://www.cunicoresources.com/Guaxilan/en/Granules16>

Sumado a la alta velocidad de procesamiento y capacidad del sistema, otra de las ventajas que presenta la granulación es que el producto de salida de está listo para ser envasado (empacado) y despachado, es decir, son innecesarias las operaciones adicionales de lavado y clasificación debido a que el mismo sistema integra estas operaciones en su flujo de proceso. Por lo tanto, el manejo de producto terminado se hace más sencillo concentrándose este solo en envasar y pesar. La siguiente imagen muestra una correa transportadora descargando gránulos de ferroníquel listos para ser despachados.



Figura 10. Gránulos apilados de producto terminado.
Obtenido de: <http://www.uht.se/solutions/metal-granulation-granshot/>

La segunda tendencia, que es consecuencia directa del sistema explicado anteriormente, es el empaque a granel. Existen diferentes metodologías para llenar contenedores a granel. La primera, y la más sencilla, es utilizar palas mecánicas para realizar esta tarea. La desventaja de este método radica en su lentitud. Con el fin de completar la tarea rápidamente se necesitan palas mecánicas grandes, pero, si estas son excesivamente grandes, con relación al contenedor, entonces ocurre el derrame del producto o la imposibilidad de cargarlo.

Una alternativa para cargar contenedores a granel es utilizando sistemas (automáticos o semiautomáticos) con diferentes configuraciones a elegir desde carga por gravedad, sistemas neumáticos, tornillos y/o correas motorizadas. El sistema a utilizar está estrechamente ligado, entre otros aspectos, a las especificaciones del producto final, al tipo de contenedor, al espacio disponible y por supuesto, a las restricciones económicas o presupuestarias.

Las imágenes siguientes muestran ejemplos de diferentes opciones para cargar contenedores a granel, algunos de estos métodos utilizan sacos para contenedores.

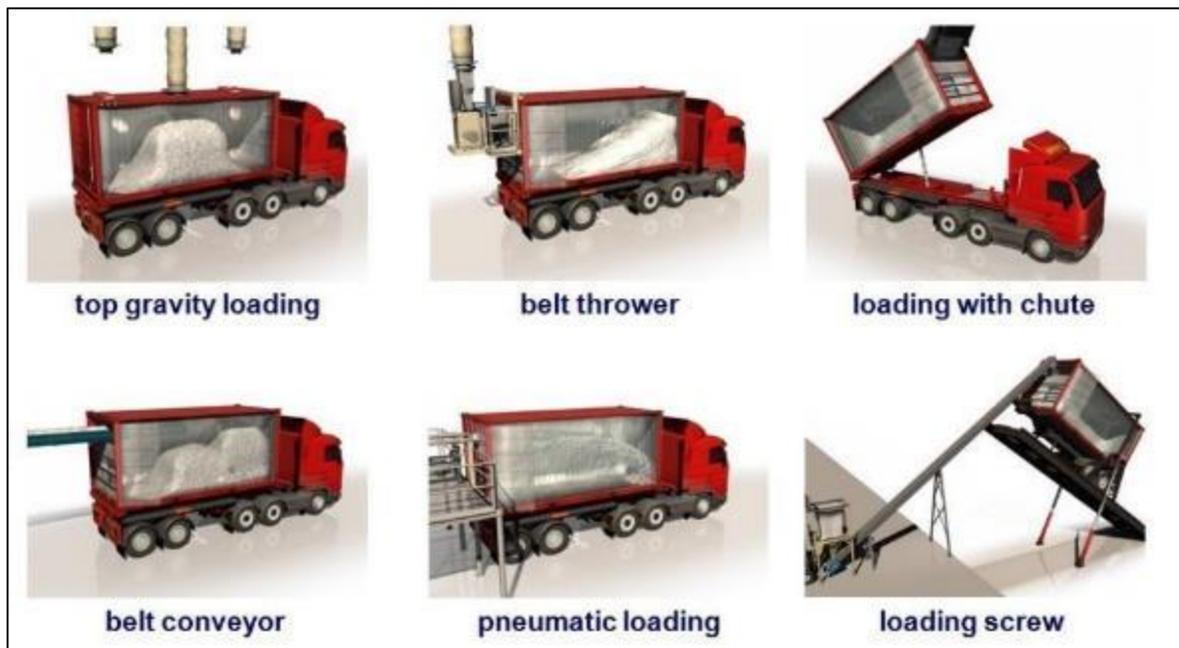


Figura 11. Diferentes métodos de carga a granel
Obtenido de: <http://www.flexitankspecialists.com/data/files/drybulklinerloading-methods.jpg>

Adicionalmente, también se pueden utilizar sistemas de combinados de tolvas y correas transportadoras. Esta configuración ofrece mayor flexibilidad ya que incluye un dispositivo de almacenamiento.



Figura 12. Utilización de tolva para carga a granel

Obtenido de: https://www.alibaba.com/product-detail/Sea-bulk-container-liner-for-20_60080184866.html

La tercera y última tendencia de la industria es la utilización de máquinas (automáticas o semiautomáticas) para el llenado de sacos (Big Bags o Bulk Bags). De esta forma se reduce la utilización del factor humano en las operaciones de llenado de sacos y se reducen los tiempos de ciclo del proceso. Esta tendencia es popular entre las empresas que tienen clientes los cuales aún demandan producto envasado en sacos.

El sistema y las maquinas pueden ser diseñado a la medida según las necesidades del cliente pudiendo llegar a manejar sacos de hasta 3,000 kg a un ritmo de hasta 20 toneladas por hora. Estas máquinas tienen la capacidad de registrar el peso bruto del saco y/o el peso neto de este. El control de llenado y el peso registrado son altamente precisos. Generalmente, a la salida de estas máquinas se instala un sistema de correas transportadoras para dirigir los sacos hacia el área de almacenamiento y despacho.

Las imágenes siguientes son ejemplos de máquinas semiautomáticas para el llenado de sacos.

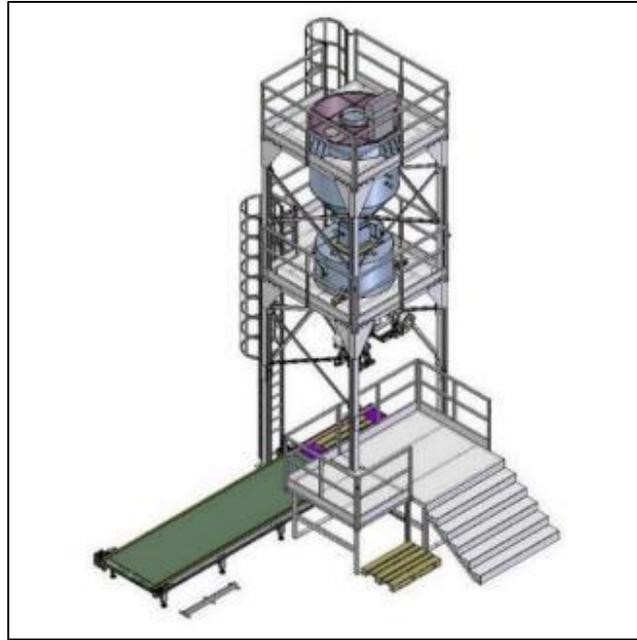


Figura 13. Máquina semiautomática de llenado de sacos (peso neto).

Obtenido de: <http://www.ital-meccanica.com/en-prodotti-dettaglio-ital-meccanica.php?id=56>

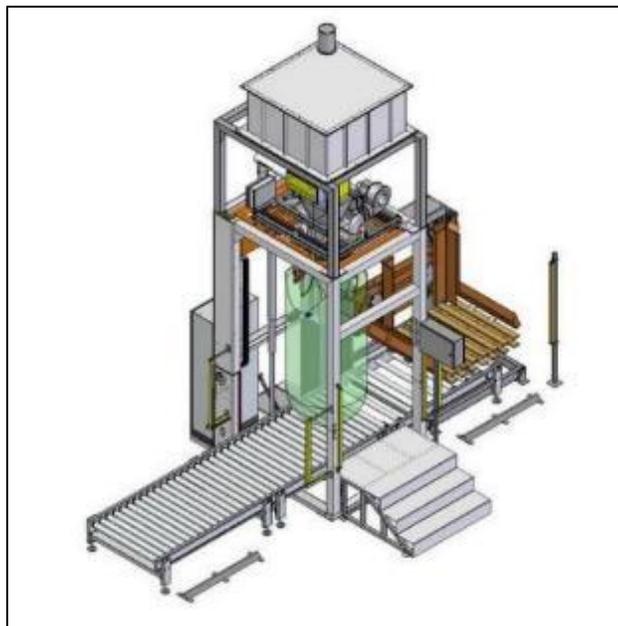


Figura 14. Máquina semiautomática de llenado de sacos (peso bruto).

Obtenido de: <http://www.ital-meccanica.com/en-prodotti-dettaglio-ital-meccanica.php?id=55>

La siguiente imagen es un ejemplo de una máquina automática de llenado de sacos, destinada para uso de productos granulados, con capacidad de hasta 20 toneladas por hora.



Figura 15. Maquina automática de llenado de sacos
Obtenido de: <http://www.yemmak.com/en-US/fish-big-bag-filling-station/>

1.3 Diagnóstico y Situación Actual del Manejo de Producto Terminado en Falcondo

Falconbridge Dominicana (Falcondo) es una empresa productora de ferróníquel ubicada en la provincia Monseñor Noel, República Dominicana, e inició sus operaciones en el año 1971. Hoy en día la planta es propiedad de la empresa Americano Nickel Limited (ANL), una compañía de capital privado.

La planta de proceso está formada por una planta de preparación de mineral, una planta de reducción, una planta de fundición. Adicionalmente, la empresa también cuenta con capacidad de autogeneración de energía eléctrica ya que posee una planta generadora termoeléctrica con capacidad instalada de 198 Megavatios (tres generadores de 66 Megavatios cada uno), en la actualidad solo dos unidades, se encuentran en operación.

La planta de preparación de mineral cuenta con tres naves de almacenamiento (para mineral de tamaño menor a 2.5 pulgadas) de 50,000 toneladas cada una y tiene una capacidad de producción máxima de 14,000

toneladas diarias hacia las naves. También cuenta con dos secaderos cilíndricos que reducen la humedad del mineral desde un 30 a un 19% y tienen capacidad de producción máxima de 10,000 toneladas por día hacia los cuatro silos de almacenamiento.

La planta de reducción cuenta con 12 hornos verticales para procesar el mineral almacenado en los silos, de estos hornos a la fecha solo 6 se encuentran en operación, y tienen una capacidad de producción máxima de 30 toneladas por hora cada uno. La calcina producto de la planta de reducción es enviada a la planta de fundición por medio de trenes o locomotoras.

La planta de fundición cuenta con 2 hornos eléctricos de 60 Megavatios cada uno los cuales pueden fundir máximo 300 toneladas por día. Hoy día solo uno de estos se encuentra en operación. Aproximadamente el 95% de la calcina fundida por el horno eléctrico arroja como resultado escoria y solo el 5% es ferroníquel. La planta de fundición también tiene la función de refinación del metal eliminando el fosforo y el azufre adicionando cal al ferroníquel fundido. Por último, la planta de fundición lleva a cabo las operaciones de vaciado y empaque del producto terminado.

La estación de empaque existente en la planta presenta varias oportunidades de mejora específicamente en lo referente a las operaciones de envasado (empaque) y pesado del producto terminado. Debido a que desde hace muchos años dicha estación ha sido operada manualmente, se evidencia la oportunidad de mejorar el sistema de correas transportadoras del producto actualizándolo a los nuevos estándares de automatización existentes hoy en día. En general la problemática que presenta esta estación de empaque se puede ilustrar con los diversos enfoques:

En primer lugar, se necesita optimizar el espacio destinado para el apilamiento y despacho del producto. Con mejoras al este proceso de empaque se puede aprovechar la utilización del espacio hasta en un 50% más.

Es una prioridad hacer el proceso más económico, en cuanto al personal y los equipos, es por esto que la mejora del proceso reduciría el uso personal de la estación (con lo cual disminuirían los gastos de nómina de este sitio) y eliminaría el uso de equipos pesados para empacar y despachar el producto terminado (y con esto eliminaría también los gastos de combustible y mantenimiento asociados a este proceso).

El tiempo de ciclo que se requiere para llenar y despachar un contenedor es muy alto, como oportunidad de mejora, un sistema automatizado de empaque a granel en contenedores tendría como salida mayor cantidad de toneladas de ferróníquel por hora y sería controlado con mayor precisión. Este sistema puede optimizar los tiempos de manera que se complete un contenedor hasta tres veces más rápido.

La tarea de pesado del producto varias veces y en un área exclusiva es redundante, en la época actual con la tecnología existente en el mercado con pesar en un sitio único es suficiente si se diseña el proceso de forma adecuada.

Los tiempos de espera para el despacho del producto son relativamente altos cuando el producto está almacenado en el patio, pero, con la mejora del proceso se puede lograr unificar las operaciones de almacenamiento y despacho. Se podrían reducir los tiempos de espera hasta en un 50%.

La planta de proceso que alimenta la estación de empaque está a punto de sufrir una modificación que cambiará la forma física en la que se entregará el producto a ser empacado, por lo tanto, el proceso de la estación debe adaptarse a este cambio. En este mismo orden, con el aumento de la producción al 100% la

estación debe tener capacidad operativa para envasar y despachar el producto terminado de manera ágil sin ocasionar un cuello de botella en la cadena de producción.

En sentido general, se necesita aumentar la productividad de la estación de empaque para incrementar las toneladas de producto despachado consumiendo menos recursos incluidos el tiempo y el factor humano. En resumen, La situación del manejo de producto terminado por parte de la planta de fundición, en la estación de empaque, es tal y como se describe a continuación:

1. El proceso cuenta con las certificaciones ISO 9001 y 14001. Fue la 1ra. planta de ferroníquel en certificarse ISO 9001 a nivel mundial (1994).
2. La estación de empaque cuenta con manuales de procedimientos actualizados para cada tipo de operación que ejecuta.
3. La estación de empaque posee con un sistema de manejo de información electrónica para el control del inventario y el despacho del producto.
4. El sistema de análisis de muestras de laboratorio carece de enlace con el sistema de manejo de información electrónica de la estación.
5. Para los fines de reportes contables y financieros, la información provista por la estación de empaque es la oficial.
6. Se utiliza un proceso semiautomático para lavar, clasificar, envasar y pesar el producto terminado.
7. La estación de empaque funciona con dos líneas de producción excluyentes, es decir, solo puede operar una a la vez.
8. El producto terminado tiene dos modalidades de despacho, en sacos y a granel en contenedores. Ambas modalidades se realizan con montacargas.
9. El 95% del producto terminado es en forma de ferroconos y el 5% es en forma de FeNi chips³

³ Virutas de ferroníquel con características similares a las del producto final.

10. La estación de empaque trabaja en tres turnos rotativos y cada turno consta con cinco personas de los cuales dos son operadores de montacargas.
11. La capacidad de producción meta de toda la planta, y que debe ser empacada, es 1,300 toneladas de níquel por mes.

El proceso actual

El manejo del producto terminado se realiza en una estación o área destinada para este fin, dicha estación se conoce como estación de empaque. Las funciones que realiza esta son las siguientes:

1. Lavar
2. Clasificar
3. Envasar (empacar)
4. Pesar
5. Almacenar
6. Despachar

A continuación, se presenta el diagrama de flujo simplificado para el proceso actual, este es el caso particular del envasado en sacos. El proceso consta de varias etapas, la primera consiste en transferir los ferroconos (FC) desde la correa de vaciado hasta las tolvas de almacenamiento. Las diez tolvas, con capacidad de almacenamiento de 40 toneladas cada una, funcionan como un amortiguador permitiendo que las etapas funcionen de forma independiente y aportándole flexibilidad al proceso. En este punto, al unísono, se puede llenar una de las tolvas mientras se despachan los ferroconos de otra(s) tolva(s) hacia el tambor de lavado.

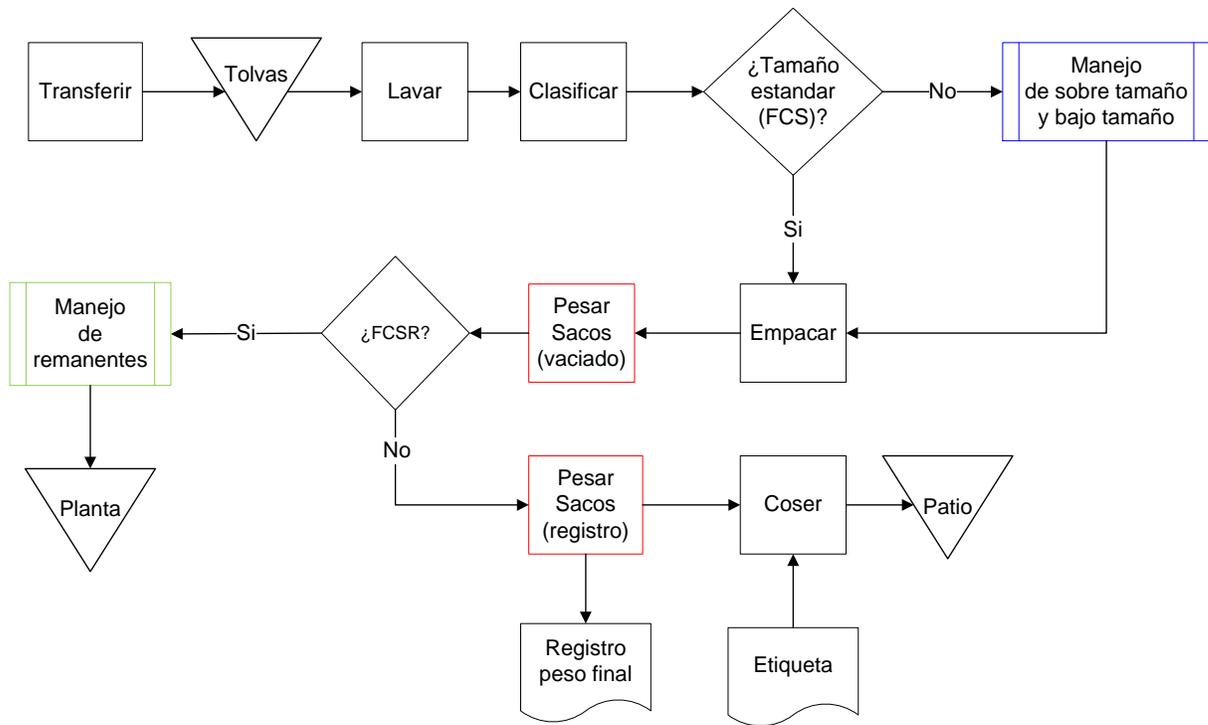


Figura 16. Diagrama de flujo simplificado: manejo de producto terminado.
Fuente: Elaboración propia

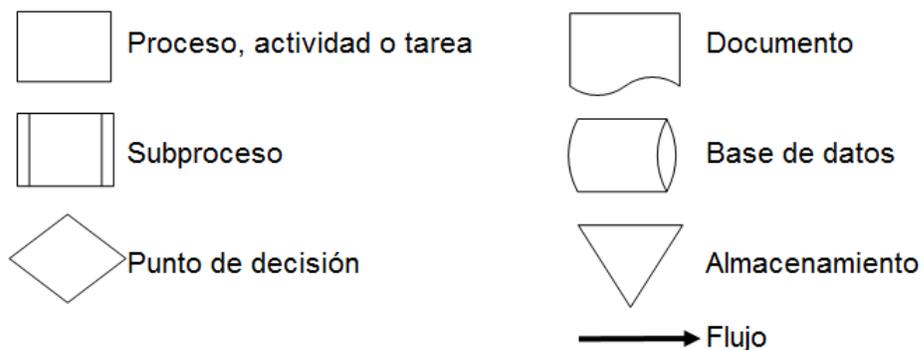


Figura 17. Simbología en diagramas de flujo
Fuente: elaboración del autor.

En seguida el proceso continúa un curso lineal impidiendo que varias actividades se realicen de forma simultánea, excepto el manejo de remanentes y ferroconos deformes. La actividad de pesaje se realiza dos veces, la primera cuando se llenan los sacos de forma manual, accionando una válvula neumática para descargar la tolva de producto y la segunda vez es cuando se transporta el saco

hacia el peso final el cual se utiliza para inventario. El peso debajo de la tolva de llenado de sacos funciona solo como referencia para estimar el peso aproximado con el cual se carga cada unidad.

La lectura obtenida del peso final es registrada manualmente en un formulario y luego transferida al sistema de manejo de información electrónica para su registro final. Asimismo, la operación de coser los sacos es realizada de forma manual por un operador. Durante el proceso se envían muestras al laboratorio analítico y la información resultante del análisis se ingresa manualmente al sistema de información electrónico para generar posteriormente la etiqueta sintética de cada saco de ferroconos. Cuando el proceso de empaque termina los sacos son almacenados en el patio, identificados con su etiqueta, listos para exportación.

Las tablas siguientes muestran la clasificación del producto terminado y el peso utilizado para su empaque y despacho.

Abreviatura	Descripción	Peso (kg) por saco	Peso (kg) por lote
FCS	Ferroconos Standard	2,000	26,000
FCSR ⁴	Remanente de FCS	-	-
FCHS	FeNi chips Small	1,500	30,000
FCHL	FeNi chips Large	1,200	18,000

Tabla 2. Clasificación del producto final según tamaño.
Fuente: elaboración propia.

Tipo de empaque	Peso (kg) máximo contenedor	Peso (kg) máximo cola
Sacos (BAG)	28,000	42,000
Granel (BUL)	18,000 a 27,000	N/A

Tabla 3. Carga máxima de producto según tipo de empaque.
Fuente: elaboración propia.

⁴ Los remanentes son sobrantes de ferroconos que no alcanzan para completar un saco de 2,000 kg. Estos se agregan según requerimiento.

En la imagen siguiente se muestra la configuración actual del sistema de correas existente en la estación de empaque, esta es la misma para las dos líneas de operación. El sistema necesita de un operador en el área accionando los controles de la línea y monitoreando el flujo de esta. La vibración que se produce debajo de la tolva de vaciado de producto hace que la medición del peso de los sacos sea imprecisa para facturación final, es por esta razón que se utiliza una balanza adicional para el registro final del peso de cada unidad de sacos de producto.

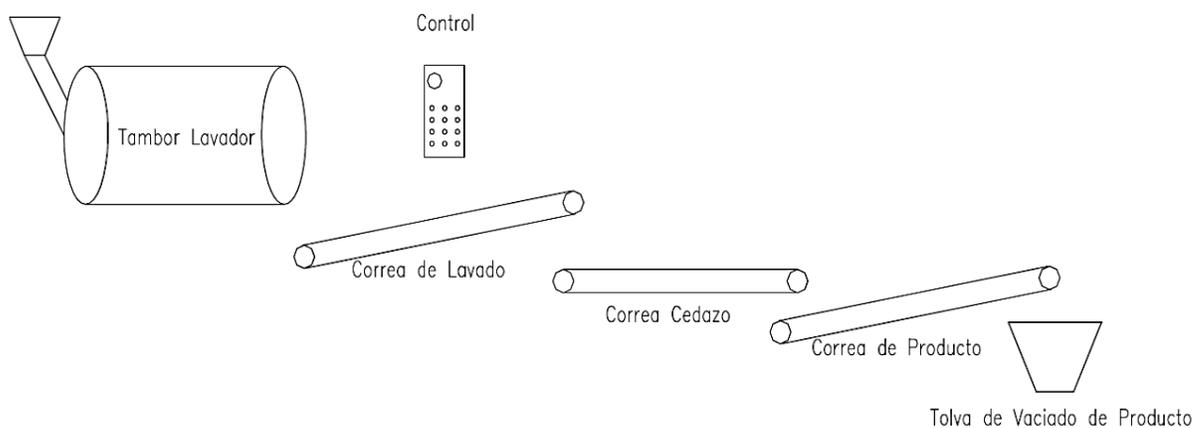


Figura 18. Configuración (Layout) del sistema actual

Fuente: reconstrucción y adaptación del autor

En el ámbito internacional las condiciones del níquel y su mercado global han sido las siguientes. Los últimos cinco años los precios del níquel han reflejado una tendencia a la baja provocada, principalmente, por la desaceleración de la demanda de China para la producción de acero y el aumento en las reservas de este metal. Actualmente China consume más del 50% del consumo mundial de níquel. Para el año próximo, se espera que el consumo mundial de níquel se mantenga estable. Para más información sobre el mercado internacional del níquel, ver en el Anexo 2 la publicación del International Nickel Study Group (INSG).



Figura 19. Precio del níquel (USD/lb) 2011-2016
Obtenido de: <http://www.infomine.com/investment/metal-prices/nickel/5-year/>

Sin embargo, con la estabilización de la demanda mundial y el recorte de la producción el precio del níquel en el último año muestra una ligera tendencia al alza, la siguiente imagen muestra dicha tendencia.

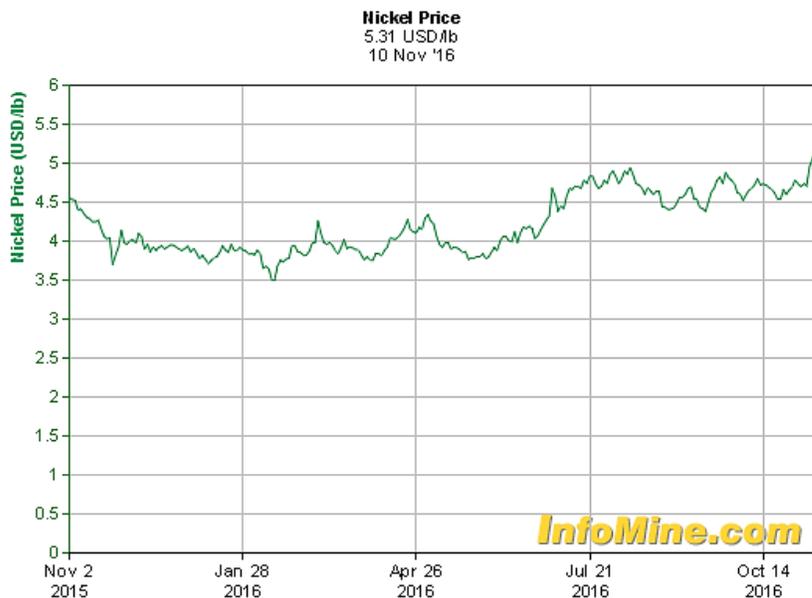


Figura 20. Precio del níquel (USD/lb) año 2016
Obtenido de: <http://www.infomine.com/investment/metal-prices/nickel/1-year/>

La tasa de cambio del dólar, igualmente, va en aumento sostenido, paulatinamente, durante el último año. Esta situación favorece a la empresa ya que opera con algunos flujos de capital en USD.

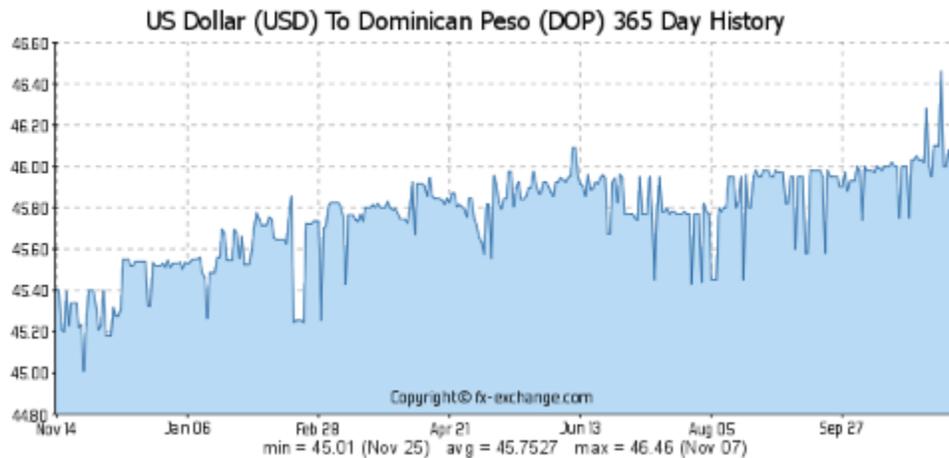


Figura 21. Tasa de cambio del dólar 365 días
Obtenido de: <http://usd.fx-exchange.com/dop/>

El combustible representa un costo importante para las empresas productoras de níquel. Durante los últimos cinco años movido por la sobre producción del crudo la tendencia del barril de petróleo ha sido a la baja tal y como se muestra en imagen siguiente.

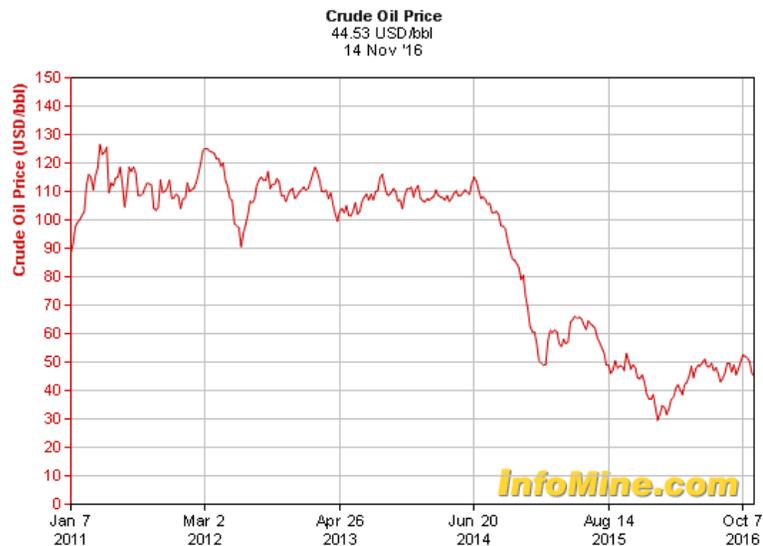


Figura 22. Precio del barril de petróleo 2011-2016 (USD).
Obtenido de: <http://www.infomine.com/investment/metal-prices/crude-oil/5-year/>

Como parte de las nuevas tecnologías asumidas en 2016 para el reinicio de operaciones de Falcondo, la empresa ha reemplazado el tipo de combustible consumido en el proceso de producción. Anteriormente se utilizaba la Nafta, que es un combustible ligero similar al Jet Fuel, hoy en día la planta opera con Fuel Oil (mezclado con Nafta en proporción 80/20) el cual es un combustible pesado, residual, mucho más económico que la Nafta. Solo con esta medida el ahorro en el consumo de combustible se estimado en cerca del 80%. Así de importante es el impacto del costo de combustible en la producción.

En otro orden, en un esfuerzo por adoptar las tendencias de la industria minera, la empresa está ejecutando un proyecto de granulación el cual se proyecta estará en funcionamiento en 2017. El proyecto busca aumentar la capacidad de producción, disminuir la recirculación de chatarra y simplificar el manejo del producto final.

Con el panorama descrito anteriormente, se espera que para mediados de 2017 Falcondo ponga en operación la planta con producción al 100% con el objetivo de aprovechar las economías de escala y fortalecer su posición como exportador de ferroníquel de calidad en América Latina pudiendo alcanzar cifras de producción estimadas en 40,000 toneladas de níquel por año. En todo caso muy por detrás de países como Colombia y Cuba los cuales reportaron en 2015 producción de 73,000 y 57,000 toneladas de níquel respectivamente.

CAPITULO II:

DISEÑO DE MEJORA DE PROCESO DEL MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO EN FALCONDO

2.1 Condiciones Previas y Requisitos Básicos para la Mejora de Proceso

Hoy día mejorar procesos es más que solo contar con los equipos, máquinas y herramientas tecnológicas adecuadas, también juega un papel muy importante el factor humano al momento de realizar una cualquier mejora por más sencilla que pudiera parecer. En este sentido, lo primero que se necesita para ejecutar cualquier mejora de proceso, es un equipo multidisciplinario dispuesto a entregar el máximo de su capacidad, energía, optimismo y buena actitud para contribuir con la mejora.

El equipo de mejora de proceso debe estar liderado por una persona que haya tenido experiencias exitosas y demostrables ejecutando proyectos en el sector industrial enfocados en aumentar la productividad, la eficiencia y la eficacia. Este líder debe tener bien desarrolladas las habilidades blandas, y, sobre todo, la capacidad de la comunicación ya que esta es crucial a la hora de ejecutar proyectos.

Desde el punto de vista tecnológico, la empresa debe contar con una plataforma electrónica de negocios (*intranet*) capaz de conectar en red todos los componentes del nuevo sistema a ser instalado como parte de la mejora. También debe contar con capacidad de expansión aportándole flexibilidad para un crecimiento futuro. La tecnología juega un papel central en la mejora del proceso por el hecho de que esta garantiza que toda la información referente al producto terminado este accesible al instante en cualquier parte de la empresa y, por qué no, también del mundo siempre y cuando se tengan las credenciales apropiadas para acceder al sistema.

Aunque parezca obvio e innecesario mencionarlo, hay que destacar dos factores que son sumamente importantes para poder ejecutar exitosamente la mejora, estos son el espacio físico y la disponibilidad de energía.

El nuevo sistema proyectado ocupara un espacio considerablemente mayor al espacio existente en donde se encuentran en operación las líneas actuales de manejo de producto terminado. Es por esto que se debe adecuar un área dentro de la empresa para alojar el nuevo sistema sin estorbar el existente el cual se encuentra en funcionamiento y es del cual depende la planta.

Adicionalmente, la disponibilidad de energía eléctrica es otro requisito para el nuevo sistema debido a que las nuevas máquinas tienen un consumo de energía relativamente alto en comparación al sistema existente. En caso de incapacidad de suplirle energía al nuevo sistema, la empresa entonces deberá considerar un proyecto de expansión o repotenciación de la instalación existente.

Para un funcionamiento óptimo del nuevo proceso, se requiere que el sistema de granulación de metal esté en funcionamiento en la planta.

El tipo de contenedor utilizado para exportación debe cambiar de uno Estándar⁵ al tipo Open-top⁶.

De ser necesario, la empresa debería enfocarse en la contratación de personal temporero para cubrir las operaciones corrientes mientras el personal más experimentado se dedica a desarrollar e implementar la mejora propuesta y fortalecer la cultura de calidad y el mejoramiento continuo registrando los datos y hechos, socializando la información del día a día y llevando el control de los aspectos relacionados a la mejora para luego formar a los que definitivamente operaran el nuevo sistema.

⁵ Descripción y ficha técnica http://www.tis-gdv.de/tis_e/containe/arten/standard/standard.htm

⁶ Descripción y ficha técnica http://www.tis-gdv.de/tis_e/containe/arten/opentop/opentop.htm

2.2 Fundamentos Teóricos de la Mejora de Procesos

Los procesos

Diversas definiciones del concepto proceso se pueden encontrar según el enfoque de cada autor, por ejemplo, proceso “se refiere a una parte cualquiera de una organización que toma insumos y los transforma en productos que, según espera, tendrán un valor más alto para ella que los insumos originales” (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009, p. 160). En esta definición se encuentra atada al producto la característica de la rentabilidad debido al valor superior del producto transformado. Un enfoque de este tipo es clave para cualquier negocio.



Figura 23. Secuencia de proceso
Obtenido de: (EUSKALIT, 2000, p.2)

De igual manera, los autores krajewski, Ritzman, & Malhotra (2008) establecen que un proceso es “cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes” (p. 4). En esta definición es importante el enfoque en el cliente ya que estos determinan las características que deben tener los productos.

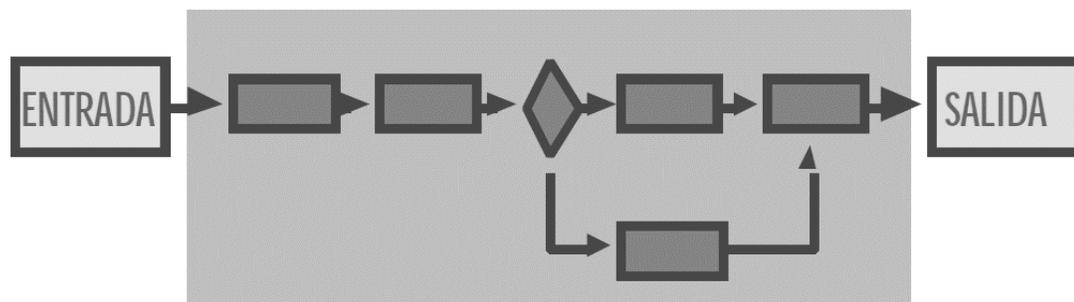


Figura 24. Actividades internas de un proceso
Obtenido de: (EUSKALIT, 2000, p. 3)

Continuando con los autores “un proceso implica el uso de los recursos de una organización para producir algo de valor. Ningún servicio puede prestarse y ningún producto puede fabricarse sin un proceso, y ningún proceso puede existir sin un servicio o producto por lo menos” (Krajewski, Ritzman & Malhotra, 2008, p. 121).

En referencia al producto, según como cita UNID (2011) es “un conjunto de atributos tangibles e intangibles que abarcan: empaque, color, precio, calidad y marca, además del servicio y la reputación del vendedor”. Por lo que cualquier cambio de características, por ejemplo, en el diseño o en el empaque, crea otro producto (como se cita en UNID, 2011, p. 3). Esta definición es adecuada para la investigación actual, ya que, precisamente, en este caso el cambio más trascendental es la forma de empaque del producto.

De acuerdo con la *Total Quality Leadership (TQL) Office* y su manual publicado en *American Society for Quality (ASQ)*, un proceso no es más que los pasos y las decisiones envueltas en la forma en que el trabajo es completado. Así, el nivel de importancia de los procesos varía y estos pueden ser de alta importancia o de baja importancia. De todas formas, algunos procesos rutinarios o de baja importancia son esenciales para el funcionamiento de todo el macro proceso.

Además del nivel de importancia también el nivel de complejidad se utiliza para diferenciar a los procesos. Algunos procesos son simples, involucran pocas personas y recursos, así como procedimientos sencillos, mientras que otros procesos son muy complicados, llegando a necesitar muchas personas y recursos al igual que numerosos pasos para ser completados.

Aunque muchas personas están relacionadas con los procesos compartiendo las actividades que lo conforman, la persona que es en última instancia responsable por el debido funcionamiento del proceso se conoce como Dueño del Proceso. Este dueño es el supervisor inmediato o líder quien tiene el control de todo el proceso desde el principio hasta el final.

Sin importar si el dueño del proceso decide participar directamente en las actividades de mejora del proceso o delegar su liderazgo, este debe mantenerse siempre informado sobre las acciones y decisiones del equipo que afectan el proceso.

La gestión o administración de procesos

Los autores Evans & Lindsay (2008) sostienen que la administración de procesos “comprende la planeación y el manejo de las actividades necesarias para lograr un alto nivel de desempeño en los procesos de negocios clave, así como identificar las oportunidades de mejorar la calidad y el desempeño operativo y, con el tiempo, la satisfacción del cliente” (p. 330). Las tres actividades principales son el diseño, el control y la mejora.

En este sentido en su libro krajewski, Ritzman & Malhotra (2008) señalan que la administración de procesos “se centra en analizar los procesos y cómo pueden mejorarse para alcanzar las metas de la estrategia de operaciones” (p. 18).

Son decisiones fundamentales en el rediseño de los procesos, según los autores krajewski, Ritzman & Malhotra (2008), “determinar la mejor capacidad del proceso con la administración eficaz de las restricciones, diseñar la distribución apropiada de las actividades del proceso y “racionalizar” los procesos mediante la eliminación de las actividades que no agregan valor y el mejoramiento de aquellas que sí lo hacen” (p. 18).

Siguiendo con krajewski, Ritzman & Malhotra (2008), los autores afirman que deben tomarse decisiones sobre el mejoramiento de procesos cuando, entre otras cosas:

- La demanda de un producto este cambiando
- Exista disponibilidad de nuevas tecnologías

La mejora de los procesos

Según TQL Office (1996), la mejora de procesos significa hacer las cosas mejor. Cuando nos adentramos en la verdadera mejora de los procesos buscamos aprender cual es la causa de los eventos en un proceso y utilizamos estos conocimientos para reducir la variación, remover las actividades que no agregan valor al producto o servicio y mejorar la satisfacción del cliente. Un equipo examina todos los factores que afectan el proceso, los métodos y maquinas utilizadas para transformar los materiales en un producto o servicio y las personas que realizan el trabajo.

Una metodología estandarizada de mejora de procesos permite enfocarse en cómo se efectúa el trabajo. Cuando todas las personas claves están involucradas en la mejora de procesos, estas pueden enfocarse colectivamente en eliminar los desperdicios (de dinero, personas, materiales, tiempo y oportunidades). El resultado ideal es que el trabajo puede ser realizado más barato, rápido fácil y, lo más importante, seguro.

En el anexo 5 se presenta un flujograma del modelo de mejora continua básico desarrollado por TQL Office. El proceso consta de dos partes, en la segunda se desarrolla el ciclo Deming PDCA (Plan-Do-Check-Act), y 14 pasos que dependiendo de la estabilidad y capacidad del proceso se pueden resumir en 8 pasos.

El ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), por sus siglas en inglés, es una serie sistemática de pasos para ganar aprendizaje valioso para la mejora continua de un producto o proceso. También conocido como la Rueda de Deming, el concepto y su aplicación fue introducida por primera vez por Walter Shewhart de *Bell Laboratories* en Nueva York. En principio se llamó Ciclo Shewhart, sin embargo, los japoneses le cambiaron el nombre a Ciclo Deming en los años 50's.

El ciclo consta de cuatro etapas:

1. Planear (Plan)
2. Hacer (Do)
3. Revisar (Check)
4. Actuar (Act)

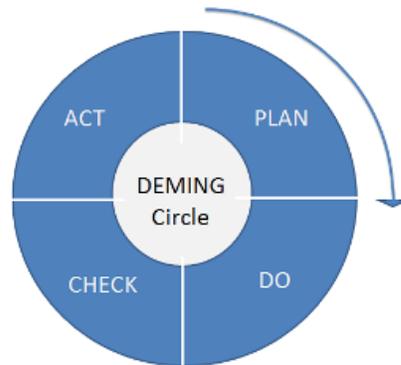


Figura 25. Ciclo PDCA

Obtenido de: <http://whatistechtarget.com/definition/PDCA-plan-do-check-act>

En 1990 Deming le cambió el nombre a la tercera etapa, Revisar (*Check*), esta pasó a llamarse Estudiar (*Study*) y con esto el ciclo ahora se denomina PDSA. Sin embargo, las muchas personas aún utilizan el término PDCA. Evans & Lindsay (2008) sostienen que “Estudiar” es un término más apropiado porque con “Revisar” solamente se podría pasar algo por alto.

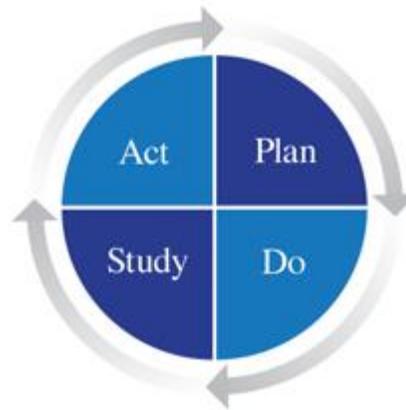


Figura 26. Ciclo PDSA

Obtenido de: <https://www.deming.org/theman/theories/pdsacycle>

Sobre esta metodología Evans & Lindsay (2008) señalan que “El ciclo Deming se enfoca tanto hacia la mejora continua a corto plazo como hacia el aprendizaje organizacional a largo plazo” (p. 658).

De acuerdo con el Instituto W. Edwards Deming, el ciclo (PDSA) comienza con el paso “Planear”. Esto implica identificar una meta o propósito, formular una teoría, definir métricas de éxito y poner un plan en acción. A estas actividades le sigue el paso “Hacer”, en el que se implementan los componentes del plan, como, por ejemplo, la fabricación de un producto. A continuación, viene el paso del “Estudiar”, donde los resultados son monitoreados para probar la validez del plan de los signos de progreso y éxito, o problemas y áreas de mejora. El paso “Actuar” cierra el ciclo, integrando el aprendizaje generado por todo el proceso, que puede ser utilizado para ajustar la meta, cambiar los métodos o incluso reformular una teoría por completo. Estos cuatro pasos se repiten una y otra vez como parte de un ciclo interminable de mejora continua.

Retomando el concepto de mejora de procesos, los autores Evans & Lindsay (2008) plantean que una de las principales prácticas de las empresas líderes en la administración de procesos es “mejorar los procesos en forma continua para lograr mejor calidad, mejor tiempo del ciclo y mejor desempeño operativo en general” (p. 337).

Siguiendo con Evans & Lindsay (2008), “la mejora debe ser una tarea de administración proactiva y se debe considerar como una oportunidad y no simplemente como una reacción ante los problemas y las amenazas de la competencia” (p. 362).

En tal sentido, para poder implementar mejoras en un proceso es necesario analizarlo primero. Así, el análisis de procesos es reunir la documentación y tener la comprensión detallada de cómo se realiza el trabajo y como puede rediseñarse.

El análisis de procesos se basa en técnicas auxiliares para comprender el proceso actual y los cambios que se proponen. Estas técnicas son:

- Diagramas de flujo
- Planos de servicio
- Gráficos de proceso

De igual manera, utiliza diversas técnicas de análisis de datos, también conocidas como herramientas de la calidad, para encontrar la causa raíz de los problemas y evitar quedarse solamente en los síntomas.

El modelo de los autores krajewski, Ritzman & Malhotra (2008) plantea un método sistemático de seis pasos para el análisis de procesos. La figura a continuación los pasos y su secuencia:

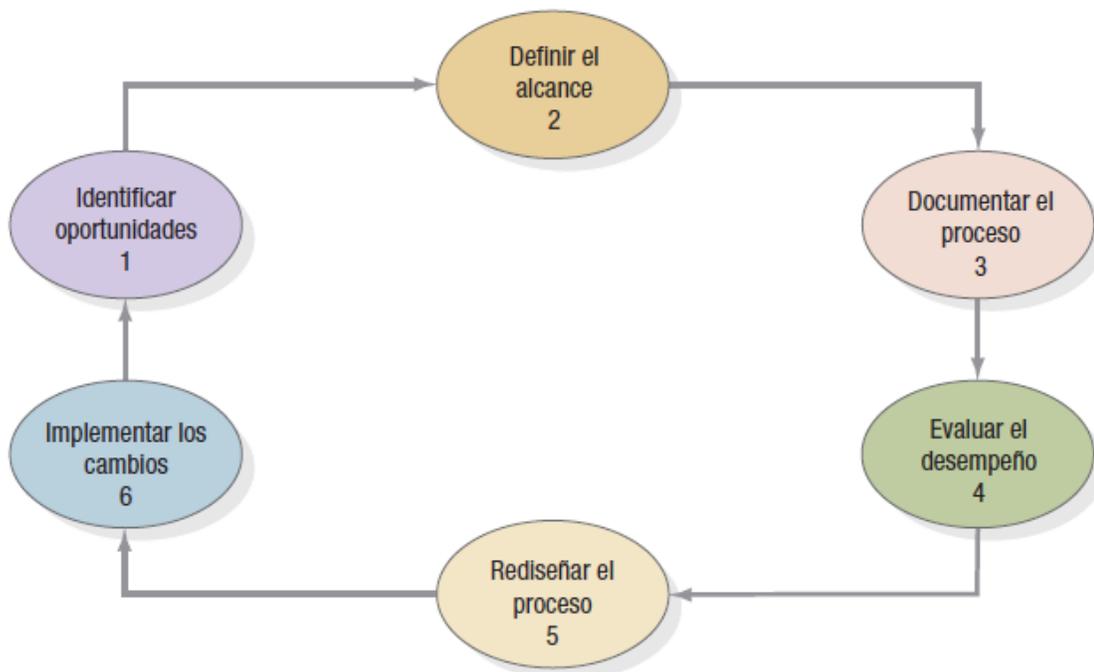


Figura 27. Diagrama del análisis del proceso.
Obtenido de: (krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008, p. 153)

De manera alternativa, corroborando la idea anterior, en una de sus publicaciones la organización EUSKALIT (2000) señala que para gestionar y mejorar un proceso adecuadamente es necesario describirlo, y que en este sentido existen otros elementos que se pueden utilizar para describir un proceso apropiadamente:

1. Salida y flujo de salida del proceso
2. Destinatarios del flujo de salida
3. Los intervinientes del proceso
4. Secuencia de actividades del proceso
5. Recursos
6. Indicadores

Tipos de mejoras

En otro aporte de la organización EUSKALIT (2000) afirma que los procesos pueden ser sometidos a dos tipos de mejoras:

1. Mejoras estructurales: en base a aportaciones creativas, imaginación y sentido crítico.
2. Mejoras en el funcionamiento: en cuanto a la forma en que funciona un proceso intentando que sea más eficaz.

En este mismo orden Evans & Lindsay (2008) plantean que hay dos tipos de mejoras en los procesos:

1. Mejoras graduales o *Kaizen*: se enfoca hacia las mejoras pequeñas, graduales y frecuentes a largo plazo, con una inversión financiera mínima y la participación de todos en la organización.

2. Mejoras radicales: se refiere al cambio discontinuo, en oposición a la mejora gradual y continua de la filosofía *kaizen*. Las mejoras mediante mejoras radicales resultan del pensamiento innovador y creativo; a menudo las motivan las metas extendidas o los objetivos de cambios radicales.

Los autores Evans & Lindsay (2008) agregan que el *Benchmarking*, medir el desempeño comparándose con las mejores empresas de su clase, es un proceso que a menudo ayuda a las mejoras radicales.

Para finalizar con el aporte de estos autores, en su obra identifican la Reingeniería como un tipo de mejora de proceso y la definen como “la reconsideración fundamental y el rediseño radical de los procesos de negocios para lograr mejoras significativas en las medidas de desempeño críticas actuales como costo, calidad, servicio y velocidad” (Evans & Lindsay, 2008, p. 370).

2.3 Mejora de Proceso Aplicada al Manejo de Producto Terminado

La creciente demanda de producto en muy grandes cantidades a granel ha provocado que las empresas de clase mundial del sector, especialmente las de ferroaleaciones, adopten sistemas modernos para despachar su producto terminado dejando así a un lado la tradicional forma de empaque en sacos.

Por tal razón, es esta la tendencia y el modelo que se toma para desarrollar la propuesta de mejora de proceso. El objetivo de un sistema de este tipo es aumentar el flujo de proceso, es decir, disminuir el tiempo de ciclo. Con esta variación la capacidad de todo el proceso se incrementa. De igual manera, se eliminan las operaciones manuales que fueron desglosadas y expuestas en el capítulo 1.

El sistema que se plantea consta de varios componentes principales los cuales se describen a continuación. El primero es una tolva de almacenamiento de producto la cual, inicialmente, se proyecta tener una capacidad de 40 toneladas pero que con el aumento de la capacidad se podría sustituir por una de mayor tamaño o incluso incorporar un subproceso de tolvas de producto. Esta es muy similar a la ya existente en el complejo de las diez tolvas, pero además incorpora un elemento diferenciador e importante, los sensores de peso. Estos sensores en el fondo de la tolva se utilizan para detectar el peso del producto contenido en ella. El peso sería registrado y enviado al sistema de control electrónico.

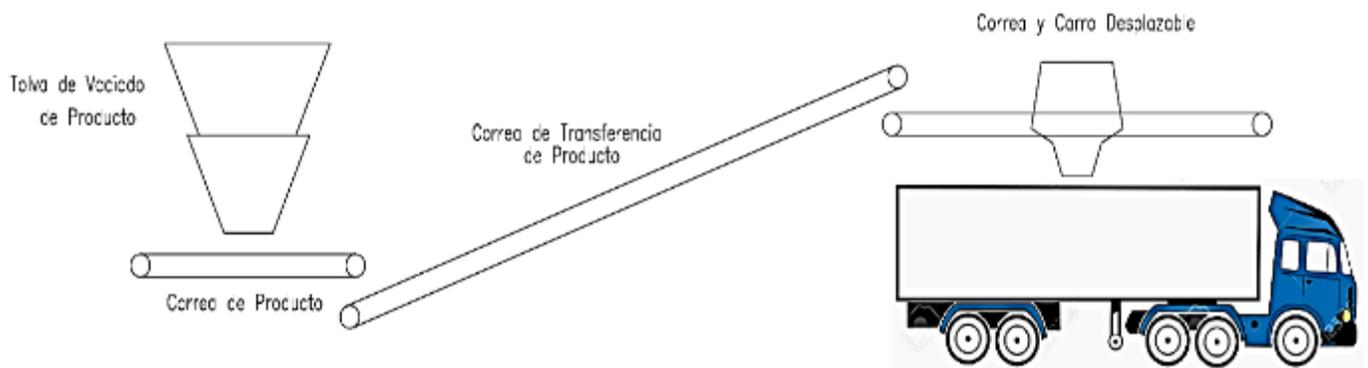


Figura 28. Configuración (Layout) del nuevo sistema
Fuente: elaboración del autor (no está realizado a escala).

Debajo de la tolva de vaciado de producto se encuentra una pequeña correa de producto, de velocidad variable, la cual alimenta una segunda correa de transferencia de producto, también de velocidad variable. Esta correa de transferencia de producto podría tener instalada una balanza digital que permita conocer con precisión el flujo de producto, medido en toneladas por hora, que pasa por dicha correa. La información registrada por la balanza en la correa sería enviada directamente al sistema de control electrónico. La correa de transferencia de producto deposita entonces el producto final sobre la una correa con carro desplazable. Igualmente, la velocidad de este equipo también es variable. Se pudiesen instalar en esta última etapa sensores ultrasónicos para verificar el nivel de llenado del contenedor.

Durante el estudio de las posibles configuraciones del nuevo proceso, se encontró que es más factible tener un carro desplazable para alimentar el contenedor por el hecho de que la carga del producto al contenedor se realiza de manera uniforme. De cualquier otra forma se dependería entonces de que el operador del Tráiler Contenedor moviera este sucesivamente para obtener un reparto uniforme del producto dentro del contenedor. Con los movimientos sucesivos viene el riesgo de accidentes y derrames del producto. En conclusión, se tiene mayor control del proceso cuando la carga del producto se realiza por medio de un carro desplazable.

El hecho de que las correas sean de velocidad variable permite modificar el flujo de salida del proceso en cualquier momento según los requerimientos operacionales. El sistema tendría la capacidad de llenar, de manera ágil, contenedores de diferentes longitudes.

Es opcional instalar una balanza para contenedor si se quiere saber el peso final del producto despachado. Este dispositivo es opcional ya que en la tolva de producto se puede hacer una medición lo suficientemente precisa para facturación y despacho final. La decisión de instalar una balanza para contenedor esta dictada netamente por las posibilidades presupuestarias de la planta en vez del funcionamiento del sistema.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del nuevo proceso, el mismo contiene menos operaciones que el inicial ya que se proyecta que este tomaría un producto limpio y clasificado proveniente de un sistema de granulación.

Es importante aclarar que, aunque existen dos operaciones de pesado en el diagrama, ambas ocurren en el mismo lugar (en la tolva de producto) y se realizan en segundos, contrario al proceso existente en el cual el pesado toma más tiempo y hay que desplazarse a un área exclusiva para el pesado final. El peso registrado sería enviado directamente a la plataforma Oracle®.

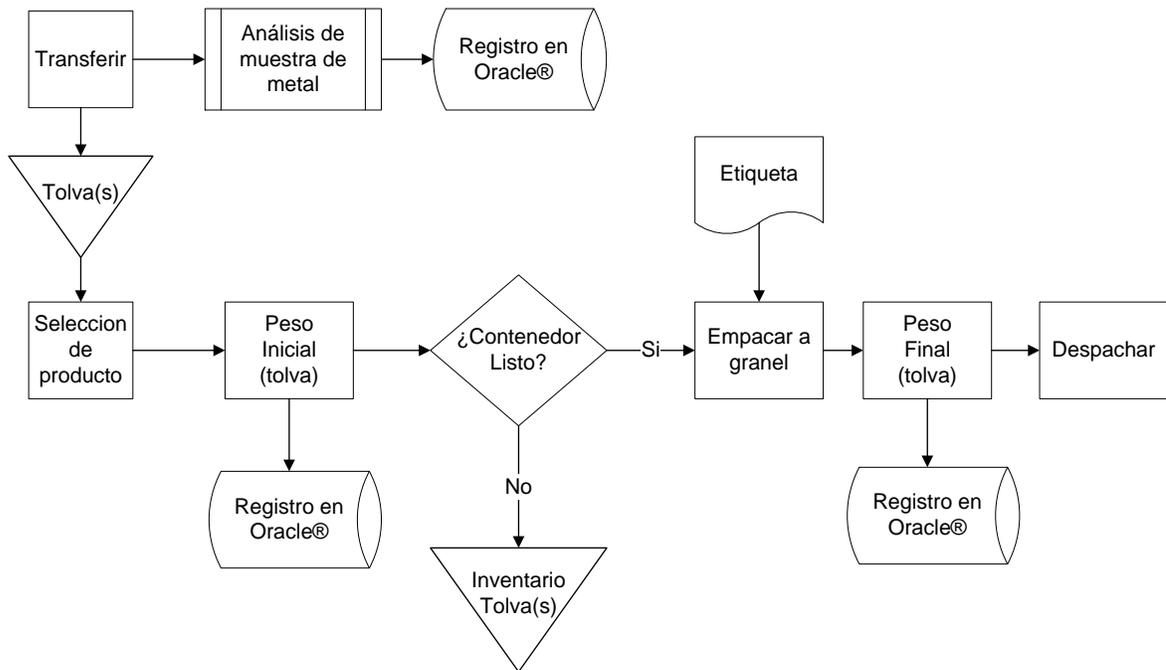


Figura 29. Diagrama de flujo mejorado para manejo de producto terminado
Fuente: elaboración del autor.

Cuando falte la disponibilidad de contenedores para despachar el producto permanecería en tolva(s) y no tendría que ser arrojado al patio.

Si por el contrario hay contenedores disponibles, una vez listo el empaque, la etiqueta sintética que identifica a este se imprime del sistema y es producto de todos los datos enlazados automáticamente en Oracle® y sin depender de la entrada manual de un operador.

La flexibilidad y precisión del nuevo sistema requiere que este sea implementado con algunos elementos claves para su correcto funcionamiento como lo son:

- Un Sistema de Control Distribuido (DCS) y/o Controladores lógicos Programables (PLC): utilizado para controlar todas las operaciones de los

equipos que componen el sistema. En estos elementos descansa la programación y la lógica de control robusto para este tipo de procesos.

- Interface Hombre-Máquina (HMI): es una herramienta visual para controlar los procesos, esta es la plataforma que utilizan los operadores para tener una visión de lo que está ocurriendo en el área con las máquinas y los equipos.

En la figura siguiente ejemplifica una interface HMI de un proceso para un operador en una planta industrial. En esta se ven todos los equipos del proceso, así como también sus parámetros actuales y el estado de los mismos. Se crearía una interface similar que represente el sistema mostrado en la **Figura 27**.

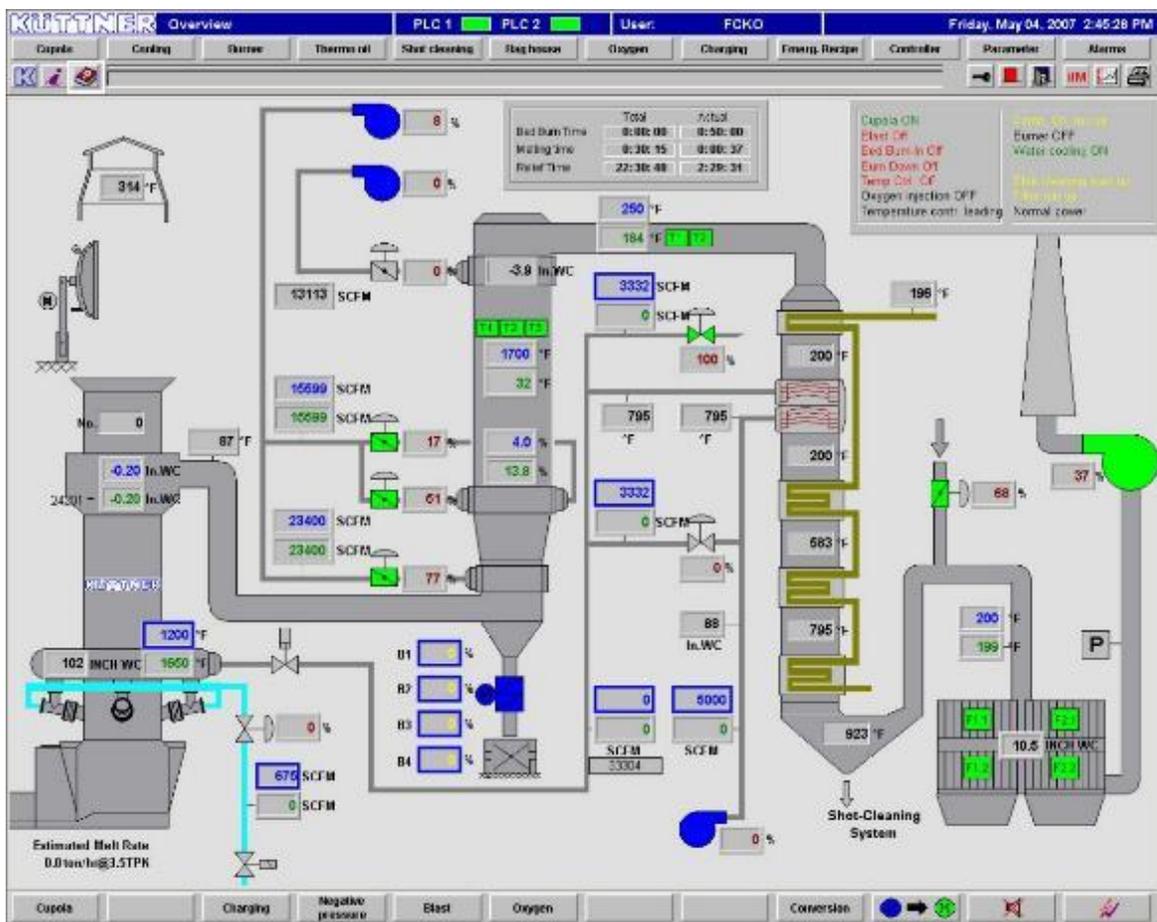


Figura 30. Ejemplo software HMI

Obtenido de: <http://www.protolife.com/images/nPC7.jpg?1475884807754>

La siguiente figura muestra como estaría conformada la red de control para el nuevo proceso.

A destacar en esta se incluye la computadora principal para el operador del sistema (visualización y control), así como también, el acceso a la red mediante una portátil para realizar pruebas y diagnóstico por el personal técnico. El sistema podría contarse a la red (alámbrica o inalámbrica) para tener acceso a este desde otros puntos.

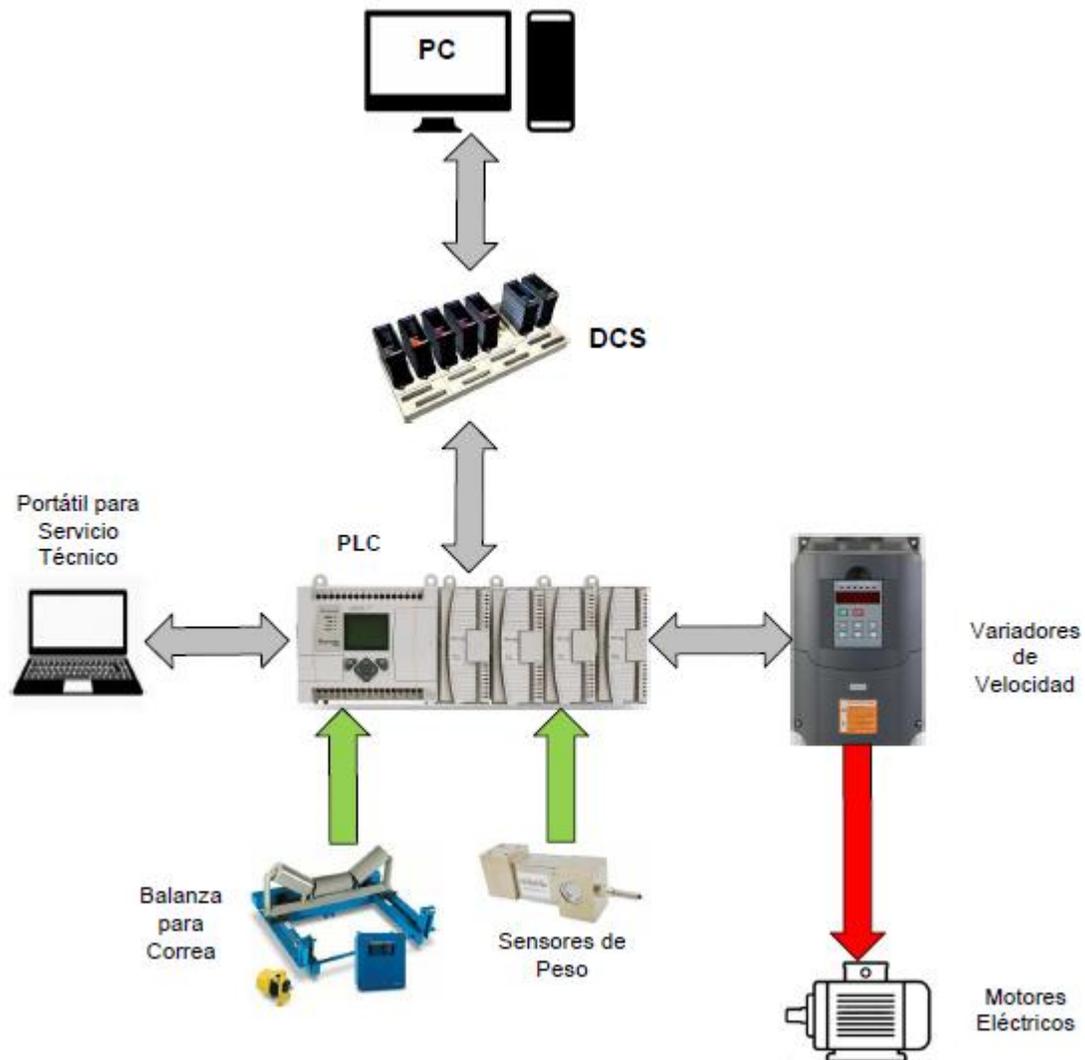


Figura 31. Diagrama de control general
Fuente: elaboración del autor.

Los indicadores que serían utilizados en la etapa de “Estudiar” del ciclo PDSA se presentan en la imagen a continuación. Estos son una serie de indicadores básicos que se utilizan para analizar el desempeño del proceso. La descripción de estos indicadores se encuentra en el glosario adjunto.

Los resultados se utilizarían para comparar el proceso mejorado con la línea antigua y para apoyar los procesos de mejora continua en la estación de empaque. El seguimiento a estos indicadores sirve de soporte a la hora de detectar anomalías en el proceso. De entrada, y con la información presentada en el capítulo 1, se sabe que el tiempo de ciclo puede ser reducido a la mitad. De igual forma, también se sabe que con el incremento de la producción al 100%, es decir, entre 80 y 100 toneladas por día, la utilización del proceso duplicaría la del existente.

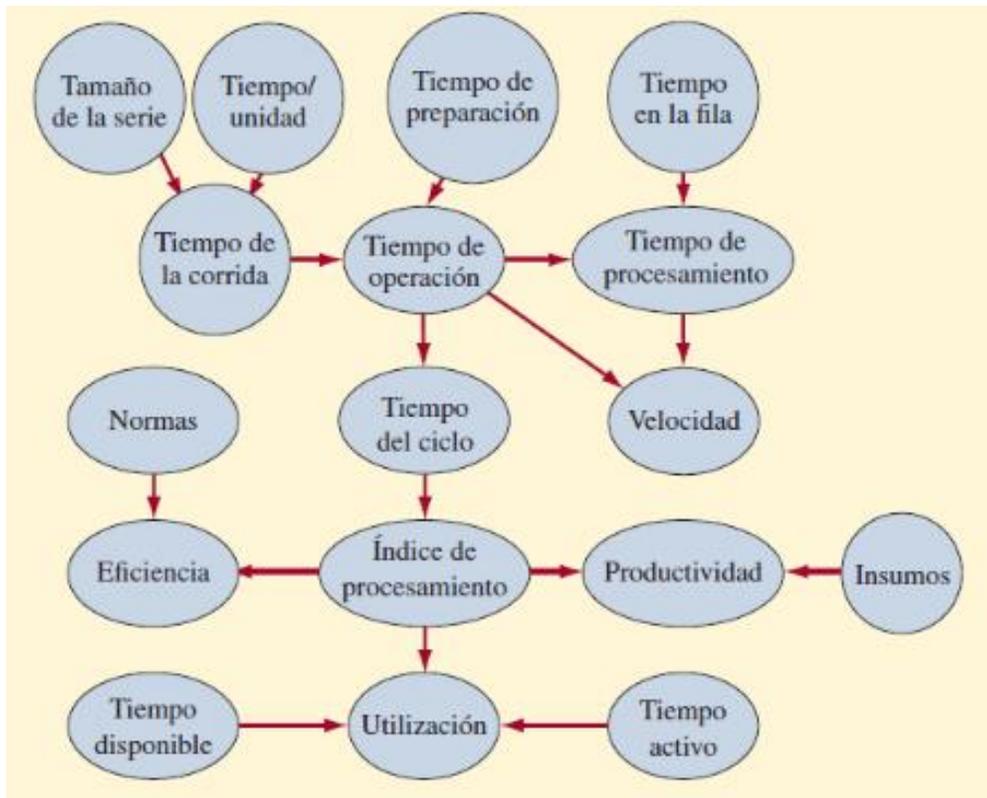


Figura 32. Indicadores de desempeño de procesos
Obtenido de: Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, p. 168

CAPITULO III:

**VALORACION Y EJEMPLIFICACION DE LA MEJORA DE
PROCESO EN EL MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO
EN FALCONDO**

3.1 Valoración y Ejemplificación de la Mejora de Proceso en el Manejo del Producto Terminado en la Estación de Empaque

Al Analizar el proceso con el método de la caja negra⁷ y con el objetivo de ejemplificar como la mejora propuesta resolvería la problemática actual, se han tabulado los principales parámetros del proceso de manejo de producto terminado operando bajo el sistema actual versus el sistema propuesto.

Parámetro	Proceso Actual	Proceso Mejorado
Tiempo de carga contenedor con sacos FCS (minutos)	15 [*]	n/a
Tiempo de carga contenedor con FCS a granel (minutos)	60 [♦]	15
Tiempo requerido para pesar un lote (minutos)	26	< 1
Tiempo requerido para coser sacos de un lote (minutos)	26	n/a
Personal necesario para operar la estación	5	2

Tabla 4. Parámetros comparativos
Fuente: elaboración del autor.

Parámetro	Proceso Actual	Proceso Mejorado
Tipo de accionamiento	Semiautomático	Automático
Capacidad para variar el flujo del proceso	No	Si
Acceso y control remoto	No	Si
Necesidad de espacio adicional para almacenamiento	Si	No

Tabla 5. Parámetros comparativos (parte 2)
Fuente: elaboración del autor.

⁷ Más información en [https://es.wikipedia.org/wiki/Caja_negra_\(sistemas\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Caja_negra_(sistemas))

^{*} Requiere que los sacos estén listos (pesados, cosidos y etiquetados) para ser cargados al contenedor.

[♦] Requiere que el producto este almacenado al aire libre (*stockpiling*)

El parámetro más importante del proceso es el tiempo de ciclo de carga a granel, es decir, el tiempo que se toma para cargar un contenedor. La comparación de ambos procesos, para carga a granel, muestra que la mejora propuesta haría que el proceso nuevo fuera cuatro veces más rápido al actual.

Considerando una producción mensual de 1,300 toneladas métricas⁸ se necesitarían 50 contenedores (26 toneladas por cada uno) para exportar todo el producto de un mes, esta operación requiere de 50 horas solo para cargar los contenedores. Si se considera el escenario de tener la planta operando a toda capacidad, la estación debería empaquetar por lo menos 2,600 toneladas métricas por mes con lo que se necesitarían 100 horas al mes para completar la carga, es decir, 12.5 turnos de 8 horas de trabajo cada uno. Esto considerando que el producto está listo y apilado en el patio solo pendiente por ser envasado. En contraste, el proceso mejorado de carga a granel solo requiere de 25 horas de trabajo para cargar o empaquetar 2,600 toneladas, es decir, poco más de 3 turnos de 8 horas.

Indudablemente, con tan solo considerar el tiempo de ciclo del proceso se evidencia que la mejora propuesta tendría un alto impacto en la productividad de la estación de empaque.

Al realizar el análisis de la operación de pesado de sacos con el proceso actual se invierten 1,300 minutos (26 minutos x 50 lotes), es decir, alrededor de 22 horas en esta operación. Esto equivale a una razón de pesado de una tonelada métrica por minuto. Cuando se proyecta la producción a toda capacidad entonces el tiempo requerido para pesar es ligeramente superior a 44 horas, o sea, 5.5 turnos de 8 horas de trabajo. La mejora propuesta integra la operación de pesado y la realiza al instante en fracciones de un minuto, se obtendrían razones de pesado en tolva de 40 toneladas en menos de un minuto. En todo caso menos de 30 minutos para 1,300 toneladas.

⁸ 1 Tonelada métrica = 1,000 kg

La operación de coser los sacos, para la cual se invierten alrededor de 22 horas al mes (o 44 horas al mes para la producción al 100%), queda eliminada con la carga a granel en el proceso mejorado.

Si se considera el costo de mano de obra de las operaciones del proceso actual para un mes de plena capacidad (2,600 toneladas mensuales) tendríamos los datos siguientes:

- Costo anual de cargar los contenedores:
 $100 \text{ Hr} \times 120 \text{ RD\$/Hr} \times 12 = \text{RD\$ } 144,000$
- Costo anual de pesar los sacos:
 $44 \text{ Hr} \times 120 \text{ RD\$/Hr} \times 12 = \text{RD\$ } 63,360$
- Costo anual de coser los sacos:
 $44 \text{ Hr} \times 120 \text{ RD\$/Hr} \times 12 = \text{RD\$ } 63,360$
- Costo total anual de las operaciones anteriores:
 $\text{RD\$ } 144,000 + (\text{RD\$ } 63,360 \times 2) = \text{RD\$ } 270,720$

Si se consideran entonces los costos en mano de obra de las operaciones del proceso mejorado, los resultados serían los siguientes:

- Costo anual de cargar los contenedores:
 $25 \text{ Hr} \times 120 \text{ RD\$/Hr} \times 12 = \text{RD\$ } 36,000$
- Costo anual de pesar los sacos:
 $0.5 \text{ Hr} \times 120 \text{ RD\$/Hr} \times 12 = \text{RD\$ } 720$
- Costo anual de coser los sacos:
 $\text{RD\$ } 0$
- Costo total anual de las operaciones anteriores:
 $\text{RD\$ } 36,000 + \text{RD\$ } 720 = \text{RD\$ } 36,720$

Ahorro anual en mano de obra:

$$[(\text{RD\$ } 270,720 - \text{RD\$ } 36,720) / \text{RD\$ } 270,720] \times 100\% = \mathbf{86.44\%}$$

Adicionalmente, con la puesta en marcha del sistema mejorado se puede disminuir el personal existente en la estación en un 60% ya que el proceso solo requeriría de 2 personas para ponerlo en operación.

El análisis y los cálculos anteriores asumen que el costo por hora de la mano de obra es de RD\$ 120, este costo es muy conservador y está por debajo del costo real por hora. Esto con el fin de mantener la confidencialidad de la tarifa horaria que paga la empresa. Además, el análisis asume que las horas nocturnas y extraordinarias se pagan al mismo precio que las horas estándar (para simplificar el análisis), aunque en la realidad son más costosas. Sin embargo, los datos son válidos para ejemplificar la aplicación del proyecto de mejora solo que en la practica el porcentaje de ahorro sería mucho mayor.

3.2 Ventajas y Desventajas de la Mejora de Proceso en el Manejo del Producto Terminado

El manejo de producto terminado es clave en la cadena de valor de la empresa, en este sentido, ejecutar cualquier proyecto de mejora en esta área tendría un gran impacto sobre la operación del negocio. Es por esta razón que a continuación se plasman las principales ventajas y desventajas de la mejora propuesta con el fin de conocer, en sentido general, como influiría la aplicación de esta en la operación de la planta.

Ventajas

- Mayor capacidad de flujo en toneladas por hora, por lo tanto, menor tiempo de ciclo.
- Alto control del proceso y alta precisión. Con la aplicación de tecnología descrita en la propuesta la precisión del peso para la facturación se incrementaría considerablemente.

- Eficiencia energética. Con la utilización de variadores de velocidad para el control de motores se puede obtener un ahorro de entre un 10 y una 30% en el consumo de energía del sistema.
- Flexibilidad y adaptabilidad. El proceso propuesto tendría la capacidad de adaptarse a las necesidades de crecimiento y a los entornos cambiantes de operación debido a que el mismo sería implementado sobre una plataforma robusta de control moderno.
- Intuitivo para la operación. La interface HMI permite que el operador tenga una visión concreta de la situación operacional del proceso y los equipos.
- Reducción del factor humano. Es posible operar el sistema solo con dos personas en vez de 5.
- Integración a la plataforma electrónica. El sistema de control estaría enlazado con el sistema Oracle® para tomar los datos necesarios provenientes de otros departamentos o procesos.
- Automatización. El proceso pudiera ser operado de manera 100% automática si así fuera necesario.
- Acceso y control remoto. Se pudiera acceder al sistema de control desde cualquier computadora o portátil autorizado para tales fines.

Desventajas

- Intensivo en capital. El proyecto para la adecuación del proceso requeriría una inversión que sobrepasa el costo de la instalación actual.
- Dependiente de un sistema de granulación de metal. Para aprovechar al máximo el proceso de carga a granel se necesita que el producto terminado venga en forma de gránulos de metal.
- Alta dependencia de los factores tecnológicos. Todo el control y monitoreo del sistema descansa sobre una plataforma electrónica e informática.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A simple vista pudiera parecer sencillo, sin embargo, el proceso de manejo de producto terminado es mucho más complejo de lo que se pudiera creer. En este se concentra todo el esfuerzo de producción de la planta para exportar (vender) el producto final. Las actividades realizadas en la estación de empaque tienen un impacto que se refleja directamente en los estados financieros del negocio y que afectan el desempeño de la empresa.

La inmediatez del mundo tan dinámico en el que vivimos hoy obliga a las empresas a ser eficientes y ágiles para poder adaptarse a las demandas y necesidades de los cada vez más exigentes clientes a los cuales se deben. Es imposible posicionarse como como líder dentro de un mercado si el producto, por mayor calidad que tenga, falla al ser despachado fuera de tiempo, de manera eficiente y según los requerimientos del cliente.

En este sentido, todas las operaciones de la empresa deben ser observadas y medidas para identificar cuales agregan valor y cuáles no. Reducir el tiempo que toman los procesos, aprovechar al máximo los espacios físicos y tener control de las operaciones mediante equipos y maquinarias de nueva generación debe estar en la agenda de una moderna planta de procesamiento de ferroníquel.

La mejora beneficiaría directamente tanto a la empresa como a sus clientes actuales y potenciales. La tendencia a nivel mundial es aprovechar la tecnología e implementar procesos automatizados de alta eficiencia y confiabilidad.

Con el objetivo de obtener los mejores resultados del proceso productivo se plantean las siguientes recomendaciones:

- Debido a que inicialmente la operación de empaque a granel se realizaría en conjunto con la operación de empaque en sacos, se recomienda cambiar la balanza o peso final por un dispositivo más confiable y que pueda ser integrado a la base de datos de Oracle®.
- En caso de que la empresa considere mantener operando, definitivamente, el empaque en sacos al unísono con otros tipos de empaque, es recomendable instalar una maquina automática para el llenado de sacos. La utilización de métodos manuales para el llenado y sellado de sacos hoy en día es de los menos eficientes.
- Modificar una de las líneas existentes de empaque en sacos para que esta pudiese tomar al producto granulado ya que el sistema de granulación de metal entraría en funcionamiento antes de implementar una mejora como la planteada en esta investigación.
- Desarrollar un sistema de control y estimación preciso del peso del metal que se deposita en el patio, al aire libre, a granel. Este producto forma parte del inventario y una imprecisión en el cálculo del mismo trae consigo consecuencias negativas en los estados financieros.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANLA. (16 de enero de 2015). Resolución No. 0032. República de Colombia: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
- Economy Industrial. (2016). *Metal Granulation*. Obtenido de Economy Industrial: <http://www.economyindustrial.com/metal-granulation.html>
- EUSKALIT. (2000). Gestión y mejora de procesos. Zamudio, País Vasco: EUSKALIT. Obtenido de <http://www.euskalit.net/pdf/folleto5.pdf>
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). *Administración y control de la calidad*. México: Cengage Learning.
- Evans, M. H. (2016). *Process improvement*. Obtenido de Excellence in financial management: <http://www.exinfm.com/training/pdffiles/course17.pdf>
- Falcondo. (2014). *Operación minera en Falcondo*. Monseñor Nouel: Falcondo.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de administración de operaciones*. México: Pearson Education.
- iContainer. (noviembre de 2016). *The 12 Different Types of Shipping Containers and Their Application*. Obtenido de iContainer: <http://www.icontainers.com/the-different-types-of-containers/>
- INSG. (2016). *Production, usage and prices*. Obtenido de International Nickel Study Group: <http://www.insg.org/prodnickel.aspx>
- krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). *Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor*. México: Pearson Education.
- Nickel Institute. (2016). *About Nickel*. Obtenido de Nickel Institute: <https://www.nickelinstitute.org/en/NickelUseInSociety/AboutNickel.aspx>

- Nickel Institute. (2016). *How Nickel is Produced*. Obtenido de Nickel Institute:
<https://www.nickelinstitute.org/en/NickelUseInSociety/AboutNickel/HowNickellsProduced.aspx>
- TIS. (noviembre de 2016). *Container Types*. Obtenido de Transport Informations Service: http://www.tis-gdv.de/tis_e/containe/inhalt2.htm
- TQL Office. (1996). Handbook for process improvement. Virginia, Estados Unidos. Obtenido de <http://rube.asq.org/gov/handbook-for-basic-process-improvement.pdf>
- UNID. (2011). *Análisis de producto*. México: Universidad Interamericana para el Desarrollo.
- WSC. (2016, noviembre). *Containers*. Obtenido de World Shipping Council: <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/containers>

ANEXOS

Anexo 1. Reseña Histórica de Falcondo

Anexo 2. Nickel: Production, Usage and Prices

Anexo 3. Infografía: primeros 10 países en producción y demanda mundial de petróleo

Anexo 4. Basic Process Improvement Model by TQL Office

Anexo 5. Tipos de Contenedores

Anexo 6. Glosario

Anexo 1. Reseña Histórica de Falcondo

Falconbridge se interesó originalmente en los depósitos niquelíferos de la República Dominicana en 1955, año en el que se establece en el país con la adquisición de la Concesión Quisqueya Uno, donde el Estado Dominicano le concede los derechos de exploración y explotación de níquel.

Falconbridge Dominicana (Falcondo) inició su programa de investigación en 1956. El desarrollo del proceso se inició con una planta piloto, la cual fue ampliada en varias etapas para permitir la investigación de los siguientes procesos: preparación de mineral, reducción de los óxidos de níquel y de hierro y fundición del mineral reducido en hornos eléctricos.

En 1968 se procedió con el diseño y construcción de una planta comercial en el área de Bonao, a unos 75 kilómetros al norte de Santo Domingo. El Primer lote de ferroníquel se produjo el 9 de octubre de 1971 y la planta se inauguró oficialmente el 21 de junio de 1972.

Falcondo inició sus operaciones en la Loma La Peguera, en Bonao, donde en la actualidad desarrolla uno de los mayores depósitos de níquel del mundo, en siete diferentes áreas: Loma Larga, Loma Caribe, Loma Ortega, Loma Fraser, Loma Peguera, Loma Taína y Loma Guardarraya. La producción de la empresa es ferroníquel, una mezcla de hierro y níquel, usado fundamentalmente por la industria del acero inoxidable.

Desde sus inicios, Falcondo ha ido introduciendo mejoras tecnológicas a su proceso productivo de forma sostenida, logrando convertirse en una de las más eficientes productoras de níquel de su género a nivel mundial.

Durante el transcurrir de los años Falconbridge Dominicana, S.A. ha sido subsidiaria de Falconbridge Corporation, Noranda, Xstrata Nickel, Glencore Canada Corporation y [Americano Nickel Limited](#).

Falcondo tuvo una parada temporal de las operaciones en agosto de 2008 para conservar el valor de sus activos, debido a una combinación de bajos precios del níquel y alza de los precios del petróleo, sus operaciones reiniciaron en marzo de 2011, con 50% de su capacidad instalada y por razones de mercado y carestía de energía volvió a parar la producción en octubre del 2013. Con la adquisición por parte de [Americano Nickel Limited](#) de la mayoría de las acciones de la empresa, Falconbridge Dominicana prepara el reinicio de las producción de ferroníquel en el año 2016.

Falcondo obtiene como producto final el ferroníquel, el cual proviene de un proceso pirometalúrgico. El ferroníquel constituye el único producto generado por la empresa y es exportado a diferentes países del mundo.

El impacto de Falcondo en la economía de la provincia Monseñor Nouel que ha sido base para la expansión demográfica y el crecimiento urbano de la ciudad de Bonao. A esto se agrega un aporte a la gestión ambiental urbana a través del manejo de los residuos sólidos de Bonao, en cuanto a su recepción y relleno sanitario.

Fuente: <http://www.falcondo.do/us.html>

Anexo 2. Nickel: Production, Usage and Prices

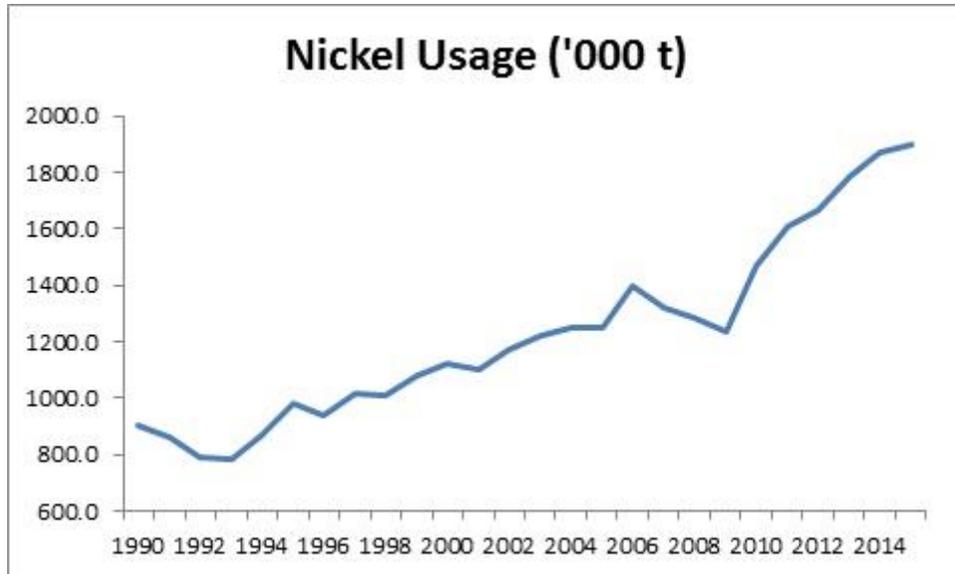
Nickel reserves

The question of whether the natural resources of the planet are in danger of being exhausted is sometimes raised. In the case of nickel there appears to be little reason for concern. Nickel is the fifth most common element found on Earth. Only iron, oxygen, silicon and magnesium are more abundant. However, the reserves that can be economically mined are of course more limited. Nickel reserves refer to proven reserves in land based deposits. Nickel resources (estimated at twice the amount of nickel reserves) encompass sub-economic reserves, i.e. not mineable at a profit. The development of new process technologies will result in the conversion of some resources into the reserve base. Ongoing exploration continues to add to both bases. According to some sources, nickel resources on the sea-bed are many times those located on land. The land resource base is thought to be in excess of 100 years at the present mining rate.

Nickel usage

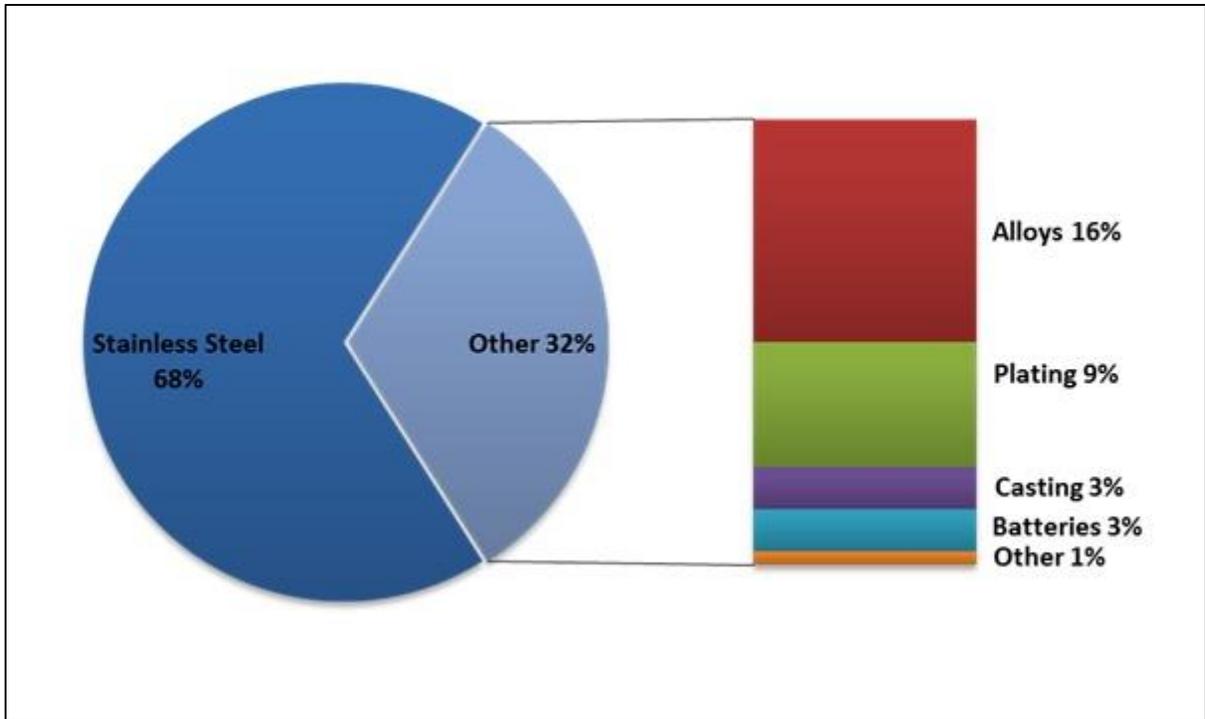
Usage of nickel has increased over time and is correlated with economic development. World nickel demand increased from 907 thousand tonnes⁹ in 1990 to 1.465 million tonnes in 2010, an annual average growth rate of 2.3%. Since then the strong growth recorded by the Chinese economy has further accelerated the increase in nickel demand that recorded in only six years, from 2010 up to 2015, an annual growth rate of 5.0%. Asia is now by far the largest regional market for nickel currently representing 71% of total world demand. China alone now accounts for close to 52% of world nickel demand compared with 18% ten years earlier.

⁹ 1 Tonne (Metric Ton) = 1,000 kg



First Use

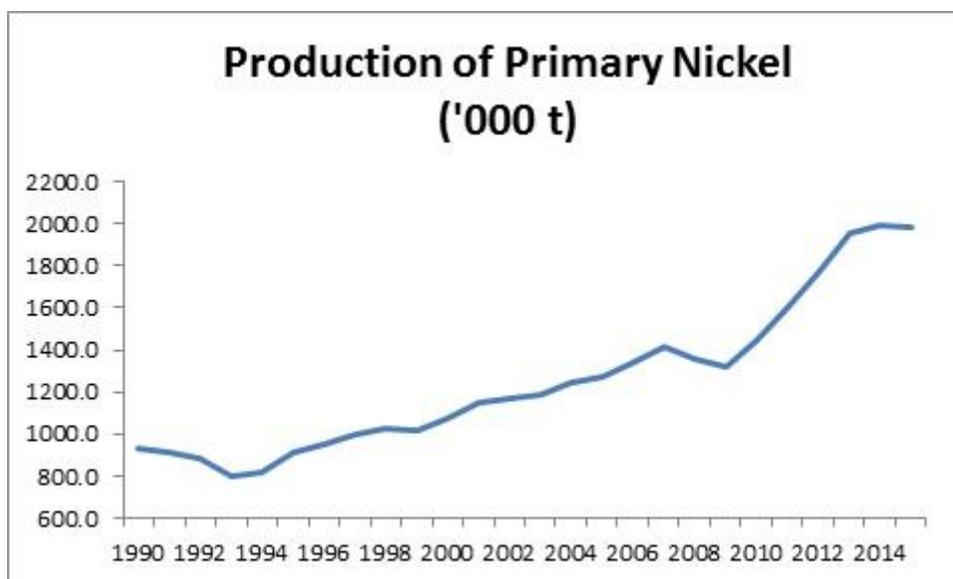
Because nickel is usually recycled, a distinction is often made between the use of newly produced metal and recycled scrap. 'First use' refers to the destination of newly produced nickel. By far the most important use of new nickel is the production of stainless steels. This use accounts for close to two thirds of first use nickel up from one-third in the past three decades. The market for stainless steel is growing at the rate of about 5% per annum. Other sectors of first use include other alloyed steels, high nickel alloys, castings, electro-plating, catalysts, chemicals and batteries.



Nickel Production

Strong world economic growth until 2007 supported rising production of primary nickel metal. In 2007 world primary production stood at 1.411 million tonnes. However, the economic crisis led to lower worldwide nickel production in the period 2008 to 2009 and production of primary metal declined to 1.316 million tonnes in the latter year. Production rapidly recovered in 2010 to 1.442 million tonnes and increased further to 1.602 million tonnes in 2011. On an annual average the growth in production between 2001 and 2011 was 3.1%. A new product - nickel pig iron (NPI) - started to be produced in China in 2005 in different forms and grades. Production increased slowly in the first few years but in 2010 production was estimated at over 160,000 tonnes and in 2015 at about 390,000 tonnes. Basically all of this product is used domestically in China in the production of stainless steel and has replaced traditional products like nickel metal and stainless steel scrap. In addition to new NPI production in China, several other nickel projects around the world started. Examples are Barro Alto and Onça Puma in Brazil with a combined capacity of about 95,000 tonnes per annum when in full production. In Madagascar

the Ambatovy project with a capacity of 60,000 tonnes has started operations. Myanmar has its first nickel project in Tagaung Taung, which started production in 2013. In New Caledonia, Vale's Goro project with a capacity of 57,000 is currently in a ramp up phase. The world primary nickel production totalled 1.983 million tonnes in 2014 reaching in the period 2011-2015 an annual growth rate of 5.5%.



Nickel Prices and Stocks

The price of nickel has shown considerable volatility over the last forty years. The chart below shows the historic LME price for nickel in nominal values from 1991 to 2016. In the late 1980s there was a peak in the price of nickel. In the first half of the 1990s the economic collapse of the former "Eastern Bloc" countries resulted in a surge of nickel exports that drove nickel prices lower than the cash costs of production resulting in reduced nickel production in the "West". Until 2003 the nickel cash price remained below US\$10,000 per tonne. The price breached \$14,000 per tonne in 2005 and then escalated dramatically through 2006 before peaking at \$52,179 per tonne in May 2007. Nickel prices then declined until the end of 2008, when the average cash price in December hit a low of \$9,678. In early 2009, nickel prices began to once again climb and reached \$24,103 by the end of 2010. In 2011

the price continued up and reached the peak in February, with an average price of \$28,247, and has declined since then until the end of 2013 when it stayed below \$14,000. The initial reaction to the implementation of the export ban of unprocessed ores in Indonesia in January 2014, nickel price climbed to just below \$20,000 in July 2014, but since then it has declined almost every month until March 2016 to be traded at around \$8,700.

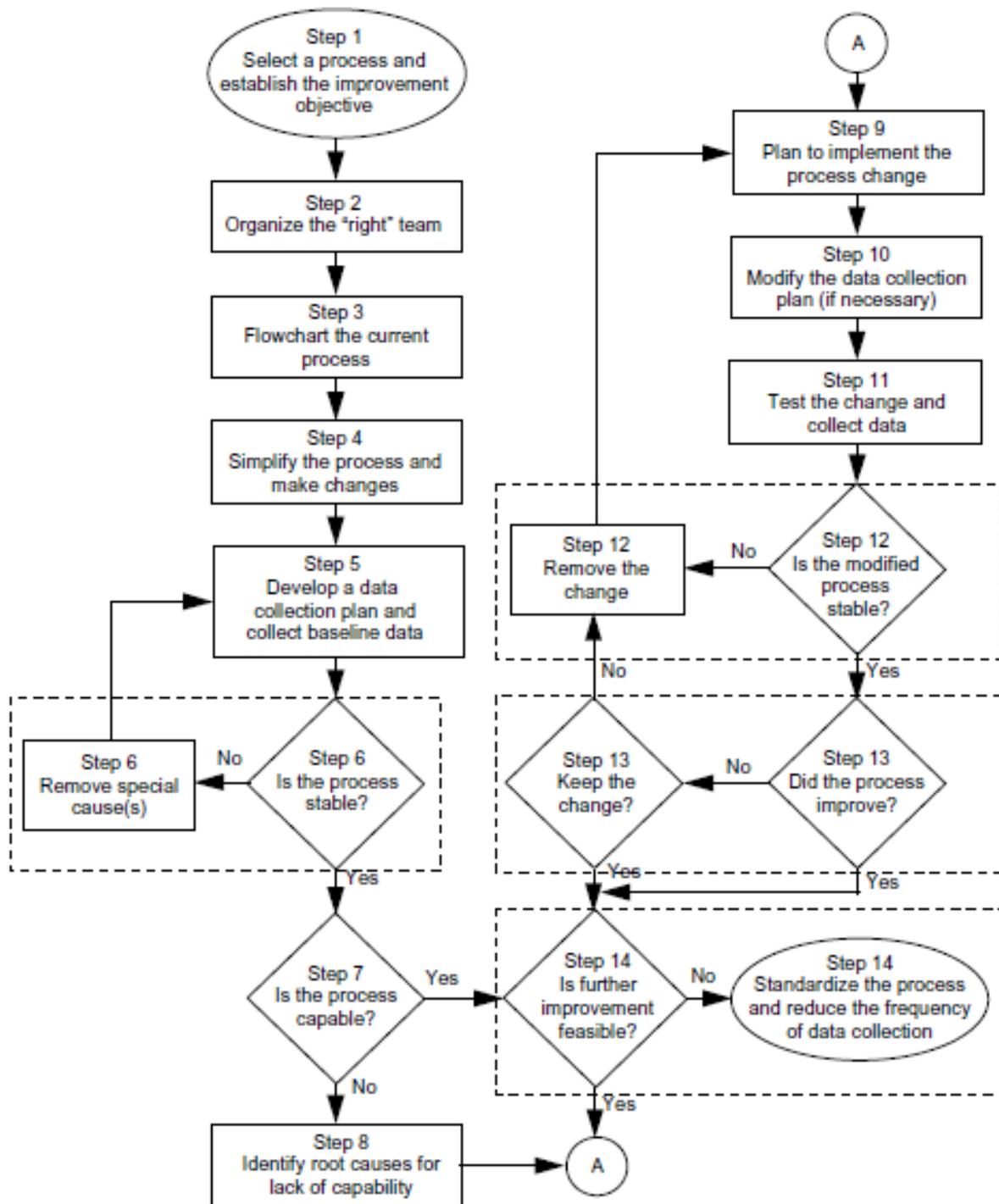


LME stocks of nickel were relatively stable during the period 2001 to 2005 at around 20,000 tonnes. In 2005 stocks increased somewhat and again declined in 2006. During the period 2007 to 2009 stocks rapidly increased to over 158,000 tonnes at the end of the period. In 2010 and 2011 destocking took place with stocks at the end of December 2011 at 91,000 tonnes. Since the beginning of 2012 to March 2016 a long period of stocking took place, reaching over 470,000 tonnes in June 2015. In the second quarter of 2015, the Shanghai Futures Exchange (SHFE) launched the nickel contract and stocks have been rising there to a level of 73,000 in March 2016. By the end of March 2016, the combined LME and SHFE stocks were over 500,000 tonnes.

Fuente: <http://www.insg.org/prodnickel.aspx>

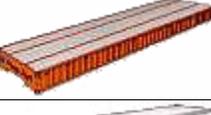
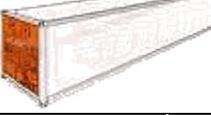
Anexo 4.

Basic Process Improvement Model



Fuente: TQL Office, 1996, p. 5

Anexo 5. Tipos de contenedores

	VENTILATED CONTAINER 20'	Ideal for cargo requiring ventilation
	BULK CONTAINER 20'	For bulk cargoes
	TANK CONTAINER 20'	For transportation of liquid chemicals and food stuffs
	DRY FREIGHT CONTAINER 20' and 40'	General purpose container
	HIGH CUBE CONTAINER 40' and 45'	9'6" High - For over height and voluminous cargo
	OPEN TOP CONTAINER 20' and 40'	Removable tarpaulin for top loading of over height cargo
	FLAT RACK 20' and 40'	For over width and heavy cargo
	PLATFORM 20' and 40'	For extra length and heavy cargo
	INSULATED CONTAINER 20' and 40'	For additional insulation of sensitive cargo
	REEFER CONTAINER 20' and 40'	For cooling, freezing or heating of foods or chemicals
	HIGH CUBE REEFER CONTAINER 40' and 45'	9'6" High - For over height and voluminous cargo requiring cooling or freezing

Fuente: <http://www.mccaughrinmaritime.com/Typeofcontainers.htm>

Anexo 6. Glosario.

Amortiguador: se entiende como un espacio de almacenamiento entre etapas, en el cual se coloca el producto de una etapa antes de que se use en una etapa que se encuentra más adelante.

Bloqueo: se presenta cuando las actividades de la etapa se deben detener porque el artículo recién terminado no se puede depositar en ningún lugar.

Capacidad de Diseño: la producción teórica máxima de un sistema en un periodo dado bajo condiciones ideales.

Capacidad Efectiva: capacidad que una compañía espera lograr, dados sus mezclas de productos, métodos de programación, mantenimientos y estándares de calidad.

Capacidad: La tasa de producción máxima de un proceso o sistema.

Cuello de botella: porque limita la capacidad del proceso. Recurso de restricción de capacidad (CCR) cuya capacidad disponible limita la aptitud de la organización para satisfacer el volumen de productos, la mezcla de productos o la fluctuación de la demanda requerida por el mercado.

Diagrama de flujo (flujograma): Un diagrama que detalla el flujo de información, clientes, equipo o materiales a través de los distintos pasos de un proceso.

Eficiencia: se refiere a la proporción de la producción real de un proceso en relación con algún parámetro.

Gráfico de proceso: Forma organizada de documentar todas las actividades que realiza una persona o un grupo de personas en una estación de trabajo, con un cliente, o al trabajar con materiales.

Índice de procesamiento: se refiere al porcentaje de productos que se espera que el proceso haga dentro de un periodo.

Privación: se presenta cuando las actividades de una etapa se deben detener porque no hay trabajo.

Productividad: se refiere a la proporción de productos en relación con los insumos.

Restricción: cualquier factor que limita el desempeño de un sistema y restringe su producción.

Tasa de producción (por unidad de tiempo): El tiempo total que dura un proceso de principio a fin.

Tiempo de corrida: es el tiempo que se requiere para producir un lote de piezas. Se calcula multiplicando el tiempo requerido para producir cada unidad por el tamaño del lote.

Tiempo de operación: es la suma del tiempo de preparación y el tiempo de la corrida para un lote de piezas que pasan por una máquina.

Tiempo de preparación: lapso que se requiere para cambiar o reajustar un proceso u operación a fin de que empiece a elaborar otro producto o servicio.

Tiempo de procesamiento: el cual incluye el tiempo que transcurre mientras se trabaja en una unidad y el tiempo que transcurre mientras espera en una fila.

Tiempo de valor agregado: es el que transcurre mientras se trabaja de hecho en una unidad de forma útil.

Tiempo del ciclo: de un proceso repetitivo es el tiempo promedio que transcurre entre el final de unidades sucesivas.

Utilización Efectiva (Eficiencia): máxima salida que un proceso o empresa puede sostener económicamente en situaciones normales.

Utilización: es la proporción de tiempo durante el cual un recurso está activo de hecho en relación con el tiempo disponible para su uso. Es el grado hasta el cual se usa actualmente el equipo, el espacio o la mano de obra y se mide como la razón de la tasa promedio de producción a la capacidad máxima.

Velocidad del proceso (proporción del procesamiento): es la proporción entre el tiempo total de procesamiento frente al tiempo de valor agregado.