

**DISEÑO DE UN MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LAS PYMES DEL SECTOR SIDERÚRGICO  
APLICABLE EN COLOMBIA**

**JOHANA ANDREA PUENTES**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS**

**BOGOTÁ, COLOMBIA.**

**2014 – I**

**DISEÑO DE UN MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LAS PYMES DEL SECTOR SIDERÚRGICO  
APLICABLE EN COLOMBIA**

**JOHANA ANDREA PUENTES**

**Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de profesional en  
ADMINISTRADOR DE EMPRESAS**

**Asesor:**

**PROFECIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS LUCY ANDREA CELY**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA  
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS**

**BOGOTÁ, COLOMBIA.**

**2014 – I**

## RAE

**1. TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de grado para optar por el título de ADMINISTRADOR DE EMPRESAS

**2. TÍTULO: DISEÑO DE UN MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LAS PYMES DEL SECTOR SIDERÚRGICO APLICABLE EN COLOMBIA**

**3. AUTOR:** JOHANA ANDREA PUENTES GONZÁLEZ.

**4. LUGAR:** Bogotá, D.C.

**5. FECHA:** FEBRERO DE 2014

**6. PALABRAS CLAVE:** Logística. Logística inversa, Desarrollo sostenible, Siderurgia, Cadena de Abastecimiento.

**7. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:** El objetivo principal de este proyecto Identificar la importancia de la implementación de la logística inversa para las PYMES que desarrollan sus procesos productivos en el sector siderúrgico colombiano. De igual forma el planteamiento de un posible esquema que mejore las condiciones particulares del mismo así como su relevancia como sector productivo no solo en el país sino también en la región. En el presente trabajo se incluyen las consideraciones y razones que llevaron a las conclusiones del mismo dentro de las cuales lo más importante es la formalización a toda escala del proceso.

**8. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Línea de Investigación de la USB: Gestión y control de las organizaciones. Sub línea de investigación: crecimiento y desarrollo económico. Contenido temático del programa: Logística.

**9. METODOLOGÍA:** Es basado en la revisión bibliográfica y exploratorio basándose en modelos análogos y equivalentes en otros sectores productivos del acero es no solo invertir en la mejora técnica y tecnológica del mismo, sino también en regular el sector y administrar un esquema trazable en el tiempo reduciendo las pérdidas y eliminando los vectores que no se pongan a la par del mismo tales como las fundiciones ilegales y de alto impacto. Es imperativo formalizar todo el sector productivo y garantizar la trazabilidad de todo el material en cada etapa del proceso y eliminar los agentes no asociados al sector, esto no sugiere eliminar su fuente de ingreso, lo q sugiere en cambio es asociarlos al sistema y garantizar la estandarización del mismo. Por último, el hecho de re-diseñar el esquema productivo del sector siderúrgico abre el camino a otra serie de sectores de la producción nacional q se encuentran en condiciones similares. y más importante aún es que por el hecho de que un sistema funcione no se debe asumir de que es infalible siempre hay que mantenerse en un proceso de mejora continuo que contribuya al crecimiento económico, mejoramiento de las condiciones sociales asociadas al mismo y enriquecimiento del espectro medioambiental nacional.

**12. CONCLUSIONES:** El sector siderúrgico colombiano dentro de su plan de crecimiento y de integración al mercado internacional se postula como uno de los sectores altamente competitivos que puede llegar a afectar directa e indirectamente el 3% de la ocupación laboral nacional así como el 10% de la economía nacional de ser bien administrada y protegida. De igual manera, gracias a la creciente inversión extranjera así como las nuevas políticas de apertura económica. Aun así en este momento el sector no cuenta con un esquema o parámetros logísticos completos de carácter cíclico, es decir la producción se entrega a los intermediarios del mercado y la trazabilidad del proceso termina allí. Adicional a ello los agentes que intervienen en el retorno y cierre de la cadena de abastecimiento son agentes fuera del control logístico directo del proceso y con márgenes de utilidad determinados por la intermediación particular de cada uno más no del precio real del mercado o al interés colectivo del mercado nacional.

Los procesos utilizados en la actualidad se basan en esquemas tradicionales muchas veces anticuados y de implementación artesanal a excepción de algunas compañías de una gran escala de producción o de desarrollo de productos particulares. por ende es necesario que las compañías siderúrgicas nacionales a toda escala sean reguladas y estandarizadas, así como modernizadas e integradas dentro de un esquema de abastecimiento integrado con otras industrias con el fin de alcanzar esquemas de alta eficiencia y competitividad en el mercado internacional. Esto adicionalmente ayudara a prevenir la inversión agresiva extranjera del mercado y proteger la producción local y el desarrollo futuro del sector. De forma indirecta esto aumentara la eficiencia energética y del uso y explotación de las materias primas sin contar con el mejoramiento de las condiciones laborales y gremiaciones asociadas al sector.

## TABLA DE CONTENIDO

1.	TEMA .....	7
2.	TÍTULO .....	8
3.	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN .....	9
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	11
4.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
4.2.	PREGUNTA PROBLEMA.....	14
4.3.	SISTEMATIZACIÓN .....	14
5.	JUSTIFICACIÓN.....	15
6.	OBJETIVOS .....	20
6.1.	OBJETIVO GENERAL.....	20
6.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
7.	MARCO REFERENCIAL.....	21
7.1.	MARCO TEÓRICO.....	21
7.1.1.	DESARROLLO SOSTENIBLE.....	23
7.1.1.2.	LOGÍSTICA.....	23
7.1.1.3.	LOGÍSTICA INVERSA.....	25
7.2.	MARCO CONCEPTUAL .....	30
7.2.1.	PRODUCCIÓN DE HIERRO .....	31
7.2.2.	PRODUCCIÓN DE ACERO .....	31
7.2.3	FUNDICIÓN, LAMINACIÓN Y ACABADO .....	32
7.2.4.	PROCESO PRODUCTIVO DEL ACERO.....	32
7.2.6.	IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL.....	33
7.2.7.	PROCESO SIDERÚRGICO Y DEL ACERO. ....	34
7.2.8.	ECOEFICIENCIA. ....	39
7.2.9.	EFICIENCIA.....	40
7.2.10.	VENTAJA COMPETITIVA.....	40
7.2.11.	CRECIMIENTO ECONÓMICO Y POLÍTICO AMBIENTAL.....	40
7.2.12.	RECURSOS NATURALES. ....	41

7.2.13. LOGÍSTICA VERDE.....	42
7.2.14. INVENTARIO .....	42
7.2.15. CADENA DE ABASTECIMIENTO.....	43
7.2.16. TRANSPORTE.....	43
7.3 MARCO CONTEXTUAL .....	43
7.4. MARCO LEGAL .....	47
7.4.1. DE LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA.....	48
7.4.2. LEYES Y DECRETOS.....	49
7.4.3. ESTÁNDARES Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD .....	50
8. DISEÑO METODOLÓGICO.....	51
8.1. TIPO DE ESTUDIO.....	51
8.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	52
8.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	53
8.4. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	54
CAÍTULO 1.....	56
SECTOR SIDERÚRGICO.....	56
9. SECTOR SIDERÚRGICO.....	57
9.1. IMPORTANCIA DEL SECTOR SIDERÚRGICO .....	63
9.2. IMPORTANCIA COMERCIAL DEL SECTOR .....	65
9.3. IMPACTO AMBIENTAL .....	66
9.4. ASPECTOS MEJORABLES DENTRO EL SECTOR SIDERÚRGICO.....	69
CAPÍTULO 2 .....	71
CADENA DE ABASTECIMIENTO EN EL SECTOR SIDERÚRGICO .....	71
10. CADENA DE ABASTECIMIENTO EN EL SECTOR SIDERÚRGICO.....	72
CAPÍTULO 3 .....	76
MODELO ACTUAL DE LOGÍSTICA INVERSA EN COLOMBIA ASOCIADA AL SECTOR PRODUCTIVO.....	76
11. MODELO ACTUAL DE LOGÍSTICA INVERSA EN COLOMBIA ASOCIADO AL SECTOR PRODUCTIVO.....	77
11.1. Importancia de la Logística Inversa .....	78
11.2. Aplicabilidad .....	78
11.3. Beneficios de aplicar la logística inversa .....	79
11.4. Obstáculos y posibles soluciones para la logística inversa.....	80

11.5.	Diagrama de procesos .....	80
11.6.	Diagrama de procesos ajustado a las necesidades para la implementación de la logística inversa .....	85
CAPITULO 4 .....		87
MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA SUGERIDO .....		87
12.	MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA SUGERIDO.....	88
12.1.	Aplicabilidad .....	88
12.2.	Diagrama de proceso final .....	89
CAPÍTULO 5 .....		92
CONCLUSIONES .....		92
13.	CONCLUSIONES .....	93
BIBLIOGRAFÍA.....		95
BIBLIOGRAFÍA PRIMARIA.....		95

## 1. TEMA

Para el presente documento el tema general de estudio será la “**Logística inversa aplicada**”. Particularmente usada en el sector productivo de las siderúrgicas de mediana y pequeña escala en Colombia.

## **2. TÍTULO**

**DISEÑO DE UN MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LAS PYMES DEL SECTOR  
SIDERÚRGICO APLICABLE EN COLOMBIA**

### 3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de Investigación a trabajar será, la de **GESTIÓN Y CONTROL DE LAS ORGANIZACIONES**.

Este documento está encaminado en esta línea de investigación, al presentar un modelo logístico que tiene como finalidad dar una serie de herramientas y parámetros que faciliten el crecimiento de las compañías asociadas al sector de estudio y de manera análoga la cual consiste que las compañías logren el control, permitiéndoles tener un equilibrio con el medio ambiente, asegurando que no solo las compañías resulten favorecida con el proceso siderúrgico asociado al nuevo modelo de la logística inversa propuesto, sino también la comunidad y el ecosistema en pro de un modelo más sostenible.

Así como debe existir sinergia entre los distintos agentes de la sociedad, para lograr un buen funcionamiento de un sistema industrial debe haber una constante retroalimentación dentro de la empresa y su gestión. Se debe tener presente que “Debido a un entorno dinámico e impredecible junto a la mayor complejidad de los problemas de administración y dirección de las empresas ha obligado a incrementar la flexibilidad operativa de la organización.....” (Universidad de Alicante, 2009). Lo que exige por ende cambios más dinámicos y flexibles, debido a esto la persona encargada de realizar la gestión y el control de la empresa debe comenzar por determinar cuáles son los factores claves dentro de la organización, obteniendo información clara y precisa sobre el funcionamiento o importancia del mismo.

De igual modo para que la empresa cumpla con los estándares de control a los cuales se quiere llegar es necesario que cuente con unos objetivos establecidos por la dirección de la empresa y estos objetivos se comuniquen a los empleados para que todos contribuyan al seguimiento de los mismos (para esto se debe tener en cuenta que la empresa debe contar con herramientas de control como lo son los manuales organizativos y de procedimientos, auditorías internas y externas,

control presupuestal, cuadros de mando entre otros); los instrumentos permitirán lograr la meta propuesta y tener buenos resultados al momento de comenzar a ejercer control en la compañía

En relación a lo anterior y de forma complementaria, es relevante tener en cuenta que una compañía que reduce sus costos operativos (fenómeno que se presenta al implementar el modelo propuesto en este proyecto), aumenta su régimen de ganancias, lo que implica un crecimiento inmediato de la compañía. Por otro lado a nivel de desarrollo empresarial (Colombia Incluyente, 2009), si la utilidad neta adicional, obtenida por la implementación de modelos logísticos completos se emplea en investigación fructífera y objetiva dentro de la organización, no solo se tendrá una estructura fuerte, rentable, vanguardista si no también proactiva a nivel científico e investigativo dentro del gremio o asociación comercial a la que pertenece.

Por último al investigar un modelo de gestión y control organizacional, no sólo se obtienen beneficios corporativos, sino también sociales, al brindar un entorno de crecimiento económico a los nichos sociales asociados, operaciones más limpias y responsables con el medio ambiente y los recursos, lo que implica un beneficio ecológico global (entiéndase por global a todos los ecosistemas afectados directa o indirectamente por los procesos asociados al sector siderúrgico) y la posibilidad de servir de parámetro de crecimiento a la sociedad y el entorno capitalino. (Ruiz Mercader, Ruiz Santos, Martínez León, & Peláez Ibarro, 2009)

## 4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

### 4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estándares y requerimientos actuales del mercado nacional e internacional enfocados al desarrollo de modelos productivos más eficientes y económicamente sostenibles dentro de un entorno globalizado tal y como lo menciona Ana Fernanda Maiguashca codirectora del Banco de la Republica “Este año el sector siderúrgico para el país presentará signos de desaceleración, situación que será originada por la dinámica que ha vivido la industria en los últimos años, esto debido principalmente a la notable recesión vivida en consecuencia a la crisis económica mundial, lo cual le significó al sector una importante caída de demanda interna además de una persistente incertidumbre por el aumento en los precios internacionales en lo que se refiere a las materias primas” (Montoya, 2013).

En este momento se debe resaltar que la cadena de abastecimiento del sector siderúrgico experimento en su producción un incremento de un 73% entre el periodo comprendido 2000 – 2010, en donde se divide la participación de la siguiente forma: la actividad siderúrgica ocupa el primer lugar con un 37,9% del total de la producción, seguida por la maquinaria eléctrica con un 17,6% y en cuanto a los productos metálicos con una participación de un 17,5% estos comportamientos se presentaron a pesar de haber pasado por dos grandes recesiones una generada entre el periodo 2000 – 2001 y otra entre el 2008 que fue superada para el 2010 (ILAFA , 2011).

Pero este crecimiento también generó que las empresas aumentaran dentro de su producción sus desechos especialmente en materiales de origen ferroso, lo q genero solamente en Bogotá 344.5 toneladas de desechos ferrosos diarios los cuales sabiendo que en su totalidad pueden ser utilizados dentro de la cadena de

logística inversa; llegan a los rellenos sanitarios sin ningún tipo de tratamiento presentado una creciente contaminación en los suelos y fuentes de agua (Aluna Consultores Limitada, 2011).

Lo anterior se debe esencialmente, a que los empresarios colombianos no poseen los recursos esenciales ni los conocimientos adecuados que los ayuden a identificar la cantidad de residuos que resultan a partir de este tipo de materia prima, con lo cual no solo se ahorrarían miles de millones en compras de materiales ferrosos a precios internacionales poco competitivos, sino que al mismo tiempo generarían estrategias medioambientales con impactos multidimensionales sobre los rendimientos de las compañías en los diferentes procesos que hacen parte de la cadena de abastecimiento (Kleiner, 2001).

Para trabajar esta problemática es necesario diseñar un modelo logístico, que debe ser flexible y aplicable a la pequeña, media y grandes industrias, con el fin de agilizar los procesos y evitar traumatismos en la producción, sin elevar los costos operativos, permitiendo que tanto las compañías como el medio ambiente salgan beneficiados de este cambio que se quiere realizar.

Es propio del desarrollo cognitivo dentro de la perspectiva y enfoque del profesional desarrollar modelos más eficientes, así como sistemas más complejos, se ve la verdadera importancia de hacer de estos sistemas una herramienta eficiente para lograr un desarrollo sostenible.

No es suficiente diseñar un modelos que no puedan ser aplicados posteriormente, o que sean netamente teóricos por ello se espera lograr aplicar este proceso. A nivel personal, el profesional en administración de empresas debe contar con un buen elemento de análisis organizacional, del cual hace parte este proyecto y aparte de la oportunidad que surge de mejorar este proceso, está la de afianzar las fortalezas en dicho campo. Adicional a ello la posibilidad de evaluar no solo el impacto económico si no ambiental, social y cultural asociado con este sector productivo permite explorar campos que no son normalmente asociados al

desarrollo de la profesión pero que si son relevantes y permiten relacionar de manera más precisa los sistemas y solucionar problemáticas particulares

## **4.2. PREGUNTA PROBLEMA**

***¿Qué tan importante es el diseño de un modelo de logística inversa en las pymes en el sector siderúrgico Colombiano?***

## **4.3. SISTEMATIZACIÓN**

- ¿Qué tan importante es el sector siderúrgico en la economía colombiana?
- ¿Cuál es la importancia de la logística inversa del sector siderúrgico en Colombia?
- ¿Cómo re-diseñar el modelo de logística inversa como una herramienta flexible, viable y que se moldee a las diversas necesidades del sistema siderúrgico bogotano?

## 5. JUSTIFICACIÓN

El sector siderúrgico nacional es uno de los principales sectores productivos con los que cuenta la nación, para impulsar el desarrollo industrial y social del país, en donde se debe tener presente que el sector siderúrgico experimento en su producción un incremento de un 73% entre el periodo comprendido 2000 – 2010, (ILAFA , 2011). El sector siderúrgico le ofrece al país una amplia gama de hierros y aceros fundamentales para la construcción de equipo maquinaria e infraestructura, que se traduce en desarrollo social, industrial y económico de la nación. Adicionalmente a ello es necesario reconocer la importancia de la implementación dentro de sus procesos productivos, modelos de ahorro y eficiencia dentro de los cuales se pueden listar los modelos de logística inversa. Con un modelo eficiente de recuperación de material el sector siderúrgico se puede volver más eficiente a nivel de manejo de materias primas y de energía.

Con un modelo siderúrgico nacional eficiente se pueden impulsar a nivel local otras industrias fundamentales para el desarrollo tecnológico de la nación, de las cuales algunas industrias salen del alcance de esta investigación. Cabe destacar que los mercados nacionales e internacionales son cada vez más competitivos y demandantes no solo en precios y calidad sino también en tiempos de entrega, la función de la logística a nivel empresarial ha adquirido una importancia cada vez mayor así como en el adecuado manejo de sus eslabones. Esto no solo sucede a nivel empresarial, a nivel nacional es sumamente importante contar con estructuras logísticas ordenadas coherentes y eficientes que permitan el desarrollo socio económico de una nación de forma adecuada en función de las necesidades de los ciudadanos. Según comentarios del Nashville Business Journal del año 2012.

Dentro de este desarrollo nacional y empresarial hay que ver la ventaja estratégica del desarrollo eficiente de sectores productivos, tales como el de la siderurgia, como herramienta motora del desarrollo tecnológico, y estructural del país. Por ende la logística inversa en esta investigación hace parte fundamental, puesto

que se pretende demostrar la importancia de éste para el sector siderúrgico como una herramienta clave no solo dentro de sus procesos productivos, sino también con el fin de lograr un enfoque sostenible del sector siderúrgico a nivel medioambiental; teniendo en cuenta que los procesos de producción no solo se deben ver y/o entender de forma unidireccional sino que además de ello es fundamental crear conciencia sobre la importancia de la recogida y el re uso de los residuos que para este tipo de sector son altamente contaminantes. Lo cual hace que sea necesario plantear un modelo apropiado de logística inversa que pueda ser utilizado dentro de los procesos productivos de las MYPIMES colombianas que hacen parte del sector siderúrgico y que están interesadas en lograr un modelo competitivo y sostenible a nivel mundial.

Por lo tanto el modelo de logística inversa, que se pretende sugerir dentro de esta investigación parte de la definición dada por James Stock en su publicación *Developing a Theory of Reverse Logistics* escrita en 1972 (Stock, 1972) en el que analiza el retorno de los productos que parte del consumidor final (en este caso la chatarra), pasando por el reciclaje adecuado de dicho producto, en donde juegan un papel esencial los agentes tales como los chatarreros, zorreros, intermediarios, etc. De tal forma que permita eliminar adecuadamente los residuos y las operaciones de re fabricación que se pueden implementar a los residuos llamada chatarra, sean exitosos dentro de los procesos productivos de la industria siderúrgica.

En este caso no se tomaran en cuenta los casos de re utilización, reparación y restauración ya que se salen del alcance del proyecto debido a que acarrear procesos y agentes adicionales que harían el hecho de cerrar completamente el ciclo del acero, un acto improductivo e irracional de implementar en el campo de operaciones (Stock, 1972).

Esta herramienta, de la logística inversa se plantea sobre otras herramientas de eficiencia, por ser la que ofrece una posible mejora a la competitividad y productividad, de igual forma reduce los índices de desechos, aminora las importaciones protege los recursos naturales y materias primas, y reduce la

energía neta requerida para la producción de un bien, hablando en líneas generales, lo que a su vez mejora la sostenibilidad de los procesos económicos actuales. Para llegar en este caso particular a la meta de la creación de un modelo eficiente de logística inversa se requiere, que se identifique el funcionamiento actual del sistema, de igual forma es necesario identificar los eslabones que integraran la cadena logística y se formulen de forma que se articulen y sean operativamente funcionales.

También hay que recordar el hecho de que la logística desde su función como herramienta de la cadena de suministro fundamenta la importancia de desarrollar una herramienta de logística inversa, en un modelo de re abastecimiento, dentro de la cadena de abastecimiento, lo que llevara como se dijo anteriormente a modelos más eficientes, eficaces y competitivos que se retro alimenten entre si y se auto correlacionen y complementen.

Para el caso nacional (modelo de referencia del sector local) se espera que el sector siderúrgico colombiano alcance las 3.2 millones de toneladas de producción para suplir la demanda total anual (Anónimo, Demanda de acero al alza con crecimiento de vivienda y obras, 2012), pero este proceso se da en el marco de una economía aunque creciente, muy frágil. Por ende la justificación de este estudio parte de la necesidad de procesos más eficientes con una reducción en la pérdida de recursos y reducción en los gastos energéticos asociados al proceso con un menor impacto ambiental, así como se planteó anteriormente como solución propia del modelo implementado (logística inversa).

Adicional a ello cabe mencionar que aunque el desarrollo científico y tecnológico llevo el desarrollo industrial a una etapa en la cual se creía que la metalurgia y para este caso puntual, la siderurgia, quedarían relegadas a un segundo plano, a nivel mundial el consumo de acero nunca había sido tan elevado como lo es hoy en día. Sin contar con el crecimiento en la demanda del 2,9% que se espera para este año, lo que equivale a un total de 1,455 millones de toneladas adicionales a las ya producidas (Guías GTP, 2013), este hecho por si solo sitúa a la industria siderúrgica como una de las operaciones productivas estratégicas del desarrollo

industrial del mundo y tecnológico de la humanidad. Sin contar con una de las más demandantes a nivel de recursos naturales y energía.

De manera complementaria los tres parámetros principales a trabajar, serán procesos más eficientes, reducción de la pérdida de recursos y la reducción en el gasto energético.

Si se aplican modelos de logística inversa al sector siderúrgico se tiene en primera instancia, que si se usa materiales reciclados, la cantidad de materias primas a utilizar será inferior, lo que reduce significativamente el costo de materias primas (el mineral de hierro es más costoso que la chatarra). Por otro lado fundir materiales ya aleados con anterioridad (chatarra) implica un gasto de energía inferior al gasto energético requerido para fundir material virgen. Aparte de reducir los costos operativos, el metal a diferencia del plástico se puede reutilizar una cantidad indefinida de veces sin que pierda ninguna de sus propiedades, y dichas propiedades solo dependen de los elementos aleantes en la mezcla que se le apliquen, así como los floculantes en la misma. (Toledo, 2013)

Por ende se tiene a manera de ejemplo, que si se usan elementos de chatarra de materiales ferrosos dentro del proceso productivo para aumentar la eficiencia energética del proceso se tienen variaciones en el mismo proceso productivo significativamente evidenciables en la calidad final del mismo y/o en los costos operativos.

Aplicar un modelo de lógica inversa al sector, desde el planteamiento de una metodología de diseño de herramienta de logística inversa, es la mejor opción para recuperar como se dijo anteriormente más del 90% del material chatarra desechado y re integrarlo de nuevo a la cadena productiva primaria. Si se tiene un control de los residuos, se tendrá control sobre las materias primas. Bogotá es una ciudad carente en su totalidad de recursos naturales diferentes a algunas canteras de piedra, lo que implica que si anualmente se recuperan más de cien mil toneladas de materias primas, los productores de piezas fundidas o materiales de segundo nivel dejaran de comprar nuevas materias primas y reducirán sus costos

aumentando su margen de ganancias. El fenómeno anteriormente mencionado requiere de la inversión pública para fortalecerlo, pero a través de la recuperación porcentual de materias primas antes consideradas desechos será sostenible a nivel operativo.

Por ultimo hay que tener en cuenta que dentro de las bondades de aplicar esta herramienta, no solo se tiene el beneficio económico y colectivo de las acerías, también se tendrá un amplio margen de mejora en el aspecto socio-ambiental, ya que con la implementación del mismo, se reducirán ampliamente la contaminación de las fuentes de agua con metales pesados (y a nivel estatal será más fácil identificar a las compañías o particulares contaminantes) y de desechos sólidos en los vertederos. De igual manera cada gramo de metal reciclado será un gramo de metal que no tendrá que ser explotado, destruyendo hectáreas de selvas, bosques y ecosistemas vírgenes.

De esta manera se reúnen los intereses de la comunidad, la nación y las compañías, con tan solo la aplicación de un modelo basado en el sentido común y las buenas practicas productivas y comerciales.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un modelo de logística inversa para las PYMES que desarrollan sus procesos productivos en el sector siderúrgico colombiano.

### **6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Reconocer el estado actual del sector siderúrgico en la economía Colombia.
- Determinar los diferentes procesos que hacen parte de la logística inversa dentro de la industria siderúrgica.
- Diseño de una propuesta de logística inversa para las PYMES que dedican su producción al sector siderúrgico

## **7. MARCO REFERENCIAL**

### **7.1. MARCO TEÓRICO**

La cadena de valor es la manera sistémica de entender como las interacciones dentro de una empresa funcionan. Adicionalmente la cadena de valor de una compañía se integra a un sistema de valor equivalente al hablar de la relación de la cadena de valor particular, con el mercado al que pertenece y como esta interacción constante hace que se modifique y se mejore constantemente. Es esta cadena de valor a la que hace parte la logística y en donde se utiliza como herramienta organizacional para aumentar el valor, calidad, eficiencia de un producto y/o proceso en particular. A la cadena de valor anteriormente mencionada le aportan otra serie de sistemas dentro de los cuales se puede mencionar la cadena de abastecimiento.

La cadena de valor aportará todos los elementos que definen el costo último del producto, mientras que la cadena de abastecimiento muestra las relaciones y movimientos unidireccionales o multidireccionales que llevan el producto entre diferentes etapas del proceso desde su origen como materia prima hasta que está completamente terminado en manos del cliente. Dentro de esta cadena de abastecimiento así como se dijo anteriormente se puede mencionar a la logística y sus agentes como actores fundamentales del proceso. Sin la logística los procesos productivos asociados a la cadena de valor no tendrían orden coherencia y serían intrínsecamente ineficientes.

Por ende la logística, como herramienta de la cadena de valor se convierte, en el regulador del sistema no solo en el movimiento físico de los bienes o servicios (el movimiento de los servicios se entiende desde la perspectiva de los movimientos esenciales de determinados elementos que componen a un servicio en particular), sino también de la información, y como se dijo anteriormente son la herramienta fundamental del mercadeo.

De esta forma, para poder hablar de un modelo aplicable de logística inversa en el sector metalúrgico es necesario entrar a entender el proceso de transformación de metales y su sistema directo de logística asociado así como su ciclo de vida, de igual manera a los procesos de logística inversa, con el fin de entender posteriormente como todos los elementos que integran el proceso productivo y competitivo para el cual se puede asociar la definición de 1985 de Michael Porter según la cual la ventaja competitiva en este caso de las compañías asociadas al sector siderúrgico es equivalente a hablar del valor que una empresa es capaz de crear para sus clientes, en forma de precios menores que los de los competidores para beneficios equivalentes o por la previsión de productos diferenciados cuyos ingresos superan a los costes, lo cual se hace sumamente esencial al aplicar cualquier proceso de optimización de costos y que junto con los demás elementos mencionados anteriormente (Carreto, 2009), se pueden amalgamar para formar un modelo logístico cíclico y de retroalimentación eficiente.

A la hora de hablar de una investigación asociada a la práctica e implementación de las actividades logísticas, es necesario entender que hacen parte del concepto teórico general de competitividad que se entiende desde el valor agregado que las diferentes asociaciones comerciales le dan a sus bienes y servicios para hacerlas resaltar sobre otras y más importante en este caso en particular, hay que hablar del desarrollo teórico vinculado a la cadena de valor o aprovisionamiento. Y es en este punto, en el cual la cadena de aprovisionamiento debe ser entendida no como un todo asociado a una empresa, compañía u organización, si no como una serie de eslabones de pequeñas actividades discretas de la organización que interactúan entre sí con un solo propósito (Univerdidad de la Republica Uruguay, 2013).

Adicional a ello ya que el componente social del proyecto y la implementación del sistema propuesto se fundamenta en la conservación ambiental y el desarrollo de modelos sostenibles es imperativo incluir en el estudio, la sustentación bajo la cual se fundamentan las teorías y protocolos de cuidado ambiental asociadas al proceso.

### **7.1.1. DESARROLLO SOSTENIBLE**

En la actualidad no se puede hablar de desarrollo sin pensar en el desarrollo sostenible, que no es más que las metodologías que permitan un desarrollo económico que satisfice las necesidades del presente, sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propios requerimientos (Mulder, 2007). El desarrollo implica la aplicación de recursos humanos, físicos, naturales y financieros para satisfacer la demanda del mercado efectiva o prospectiva, y otras necesidades humanas.

En todos los países el desarrollo es una función del sector público y privado de la economía, y las labores voluntarias. El desarrollo sostenible, implica un énfasis mucho mayor en la conservación de la base de recursos naturales de la que depende todo el desarrollo; y más atención a la equidad en la sociedad y entre las naciones ricas y pobres, con un horizonte de planeación que va más allá de la generación actual. Requiere de las consideraciones económicas, sociales y ambientales en la toma de decisiones a nivel gubernamental y corporativo.

De esta manera el desarrollo sostenible y su delicada evaluación a la hora de aplicar un modelo permitirán mantener un balance entre sus tres componentes, que son económicos, sociales y ambientales.

### **7.1.2. LOGÍSTICA**

EN relación a lo mencionado anteriormente, se puede entender a la logística, como al proceso mediante el cual se establece la planificación, ejecución, y control del flujo eficiente y rentable de materias primas, el inventario en proceso, productos terminados (Monterroso E. , 2000) y la información relacionada desde el punto de origen, hasta el punto de consumo.

Para entender la importancia de la logística se puede recurrir a la definición de Napoleón que dijo acerca de la logística “Un conocimiento real de los factores de movimiento y suministro, deben ser la base de los planes de un líder; solo entonces él sabrá donde y como tomar riesgos con esos factores,...” (Marshall, 2009)

Dentro de los conceptos de logística mucho se ha dicho y aun se estudia y lo que sí es de entenderse al respecto así como lo plantea S. L. A. Marshall la logística es la base de toda operación ya sea militar, productiva, operativa, de gestión, de servicio, etc. Y debe hacerse dentro de entornos que permitan conocer sus variables y como están actuando en tiempo real dentro de un sistema así como delimitar los alcances de cada una de esas variables y mantenerlos en ese rango (Sumpter, 2005).

Con fines prácticos se verá que un proceso de logística inversa, en general es el equivalente de un modelo de logística directa aplicado a la inversa, pero que tiene sus propios costos operativos, que solo puede implementarse si no hay agentes libres al proceso y que tendrá un posible resultado de mejoramiento ambiental. Aun así aplican condiciones particulares en cada caso particular y como se verá más adelante la cadena antes que ser lineal, se convierte en cíclica, pero lo relevante es que no deja agentes sueltos o perdidas en el proceso.

La logística directa no tiene en consideración aspectos ambientales de forma intrínseca, ya que su fin es netamente operacional y organizacional y se dejan al azar o a consideración de la legislación particular concerniente, solo prevaleciendo las necesidades operativas. Así mismo todos los costos logísticos, se convierten en costos operativos en función de las necesidades del proceso, pero muchas veces no representan valor adicional al proceso, caso contrario de la logística inversa, en el cual los costos pueden superar a los costos de la logística directa. (E-logistic2012, 2012)

Las políticas de logística directa así como las teorías vinculadas, tales como las teorías de restricción, de frontera y de aplicabilidad que estipulan el alcance de las

relaciones logísticas en función del alcance operativo del proceso. Estas teorías son ampliamente aplicadas y difundidas a nivel industrial y comercial local, regional y nacional. La logística a nivel nacional se aplica bajo el concepto de oferta, demanda stock y abastecimiento, sin embargo aplicando un modelo de logística inversa toda la cadena de abastecimiento se puede flexibilizar y ampliar en términos de captación de material.

### 7.1.3. LOGÍSTICA INVERSA

Se le considera Logística Inversa al “proceso de planificación, ejecución, y control del flujo eficiente y rentable de materias primas, el invento en proceso, productos terminados y la información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen con el fin de recuperar valor o una eliminación adecuada” (Rosario, 2010)

El siguiente es un modelo idealizado de la cadena inversa de logística:

#### ILUSTRACIÓN 1. CADENA LOGÍSTICA INVERSA



**Fuente: Diseño del sistema logístico de la cadena de abastecimiento del desperdicio y desecho del vidrio en Colombia. (Rosario, 2010)**

Como se puede ver en la Ilustración 1, es el ejemplo perfecto de logística dentro de la cadena de abastecimiento. Para el caso del acero como se verá más adelante el modelo logístico será exactamente análogo y solo se incluirá una etapa de mecanizado posterior a la fabricación en las centrales siderúrgicas. Desafortunadamente tanto para el caso del acero como en el ejemplo (vidrio) no se asocia al modelo logístico una etapa inversa que permita hacer de la cadena logística un proceso cíclico.

Este proceso surge debido a diferentes fuerzas, entre las que se encuentran económicas, legislativas y de mercadeo. Las empresas vieron oportunidad en la reutilización de materiales dentro de los procesos de fabricación y una reducción de inventarios para de esta forma disminuir costos, lo que intrínsecamente los hace más competitivos, por otra parte, los gobiernos se interesaron en el medio ambiente obligando a las empresas a disminuir el impacto ambiental que se genera por los diferentes procesos que se llevan a cabo dentro de éstas. Finalmente, las empresas hacen ver a los clientes el hecho de la responsabilidad extendida y éstos deciden comprometerse también con el medio ambiente, convirtiéndose así en un elemento fundamental dentro de este proceso de logística inversa (Morales, 2008).

El mejoramiento de los procesos en función de la competitividad a nivel mundial en relación a los procesos de ahorro se viene dando a nivel mundial desde que Taylor empezó a implementar sus modelos de producción y eficiencia a comienzos del siglo XIX haciendo posible el boom industrial del siglo pasado o lo que se conocería como la segunda revolución industrial. Aun así la eficiencia total de esos procesos en la actualidad solo se puede dar en función del ahorro global más no solo de materias primas y tiempos. Esto incluye también insumos, energía, salarios, y movimientos.

Dentro de este proceso, se debe tener en cuenta el material tanto del producto como del empaque para así poder determinar las actividades que se deben realizar con cada uno de éstos, entre las cuales se pueden encontrar:

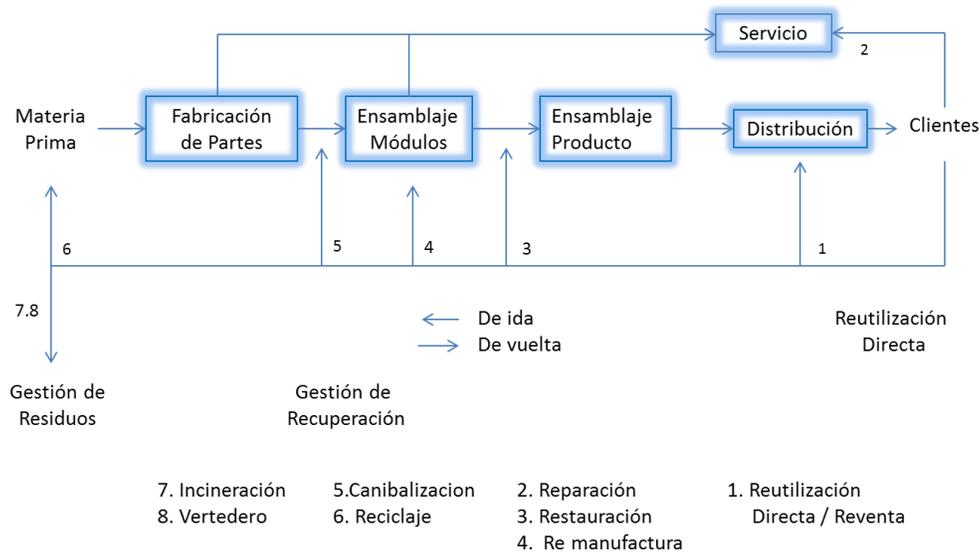
**TABLA 1. ACTIVIDADES COMUNES DE LA LOGÍSTICA INVERSA**

MATERIAL	ACTIVIDAD DE LOGÍSTICA INVERSA
Productos	Devolución al proveedor
	Reventa
	Venta via outlet
	Salvamento
	Reparar
	Renovación/ restauración
	Remanufactura
	Recuperación eficaz de materials
	Reciclaje
	Relleno sanitario
Empaque	Reutilización
	Renovación/ mejoramiento
	Recuperación eficaz de materials
	Reciclaje
	Salvamento

**Fuente: Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices, 2003**

De manera general, el objetivo de esta cadena logística es recuperar la mayor cantidad posible de valor económico y de esta forma, poder reducir la cantidad final de residuos.

## ILUSTRACIÓN 2. ACTIVIDADES DE LA LOGÍSTICA INVERSA



Fuente: California Management Review, 2001

De una manera más específica se muestran las diferentes opciones de recuperación que se pueden realizar dentro de la cadena de suministro en la gráfica anterior, posteriormente se efectuara una profundización en el paso 6 dentro de la cadena que se trata sobre reciclaje. Como se ve en la gráfica al cerrar el ciclo de la cadena de abastecimiento y reducir las pérdidas, así como identificar todas las adecuadas etapa de disposición final de desechos el proceso como tal y el ciclo de vida de producto, no solo la cadena de valor se convierte en algo limpio ordenado y controlable en el tiempo, así como completamente trazable.

El reciclaje por su definición se entiende como el reaprovechamiento de materiales, es decir, la recuperación de materiales para ser de nuevo utilizados como materia prima en otro proceso de fabricación. El reciclaje de materiales, en general, produce una cierta pérdida a causa de la mezcla de materiales o a la degradación de las propiedades de éstos.

El reciclaje es una de las opciones más importantes para resolver el problema de los productos al final de su vida útil.

Se observa que a nivel mundial las principales barreras para establecer una buena cadena de logística inversa son:

- La importancia que no se le da sobre otras cuestiones dentro de la empresa, pues se piensa en ésta como último factor que puede beneficiar a la empresa.
- Las políticas de la compañía, debido a que para cambiar las políticas que se han establecido desde un principio puede que también se tenga que dar un cambio en la misión y visión de la empresa.
- Los recursos financieros y de personal, ya que no se destina el presupuesto necesario a esta área ya que se desconoce los múltiples beneficios, además no se cuenta con personas capacitadas para desempeñar esta labor dentro de la empresa por lo que se tiene que invertir en capacitación o en procesos de selección para contratar nuevo personal.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se dice que la logística inversa es un tema reciente; por ende, es poco el conocimiento que se tiene sobre ésta, por no decir que es un tema que se desconoce del todo. Actualmente las empresas que utilizan esta cadena logística de forma adecuada son muy pocas. Por estas razones es que se deben aplicar varias estrategias y tácticas para preservar el medio ambiente y mediante opciones de recuperación como el reciclaje, recuperar los materiales que son potencialmente peligrosos para los diferentes ecosistemas.

Para poder implementar esta cadena logística de forma que trabaje eficiente y efectivamente se debe producir, primero que todo, una preparación mental para así lograr una colaboración integral de los agentes que intervienen en ésta: proveedores, recursos humanos, distribución, transporte y el usuario final. (Nelson Beltrán, 2009).

## 7.2. MARCO CONCEPTUAL

Por las características y complejidad asociativa de este documento, se requiere manejar conceptos que integren conceptos del proceso productivo, de la logística, la eficiencia el cuidado ambiental y la relación entre ellos. Los conceptos básicos a manejar permitirán entender por ende todas las etapas del modelo logístico final, así como de los eslabones que lo componen.

También cabe mencionar que los modelos logísticos asiáticos, particularmente en China y Japón, en Europa (UE) y Estados Unidos, son procesos altamente controlados a nivel organizacional y que brindan un scope amplio de lo que debe ser la aplicación de un modelo de logística inversa en el sector siderúrgico, un gran ejemplo de esto son los modelos de reciclaje que aplican compañías como WM (waste management) en Estados Unidos y la integración de políticas de sostenibilidad no sólo energética, sino también en términos de recursos, como las que se ven en los procesos operativos europeos en especial en países como Alemania, Inglaterra, Suiza y Holanda que después de la recesión económica y caída de los precios mundiales del acero tuvieron que reestructurar sus modelos industriales y organizacionales. Un caso análogo es el de Asia en el cual la producción es mayor pero que con sistemas de logística y alimentación de la cadena productiva más eficiente han bajado sus costos operativos a una fracción de los modelos occidentales sin disminuir la calidad del producto y reduciendo el costo. Este empuje sólo se ha visto frenado por políticas anti dumping que pretenden únicamente proteger economías nacionales como lo es en este caso de estudio, la economía colombiana.

Lo primero a describir por ende será el proceso de conformado de metales desde la obtención de la materia prima, hasta el final de su vida útil.

### **7.2.1. PREPARACIÓN DEL MINERAL**

Los minerales que contienen hierro (hematita, magnetita) se trituran, se clasifican y se aglomeran, mediante sintonización, para formar pelotillas, nódulos o briquetas, a fin de tener el mineral concentrado y pre-acondicionado para alimentarlo a los hornos altos. La preparación del mineral puede generar grandes cantidades de desechos producir emisiones de polvo y dióxido de azufre.

### **7.2.1. PRODUCCIÓN DE HIERRO**

El hierro es producido en el alto horno mediante la conversión de los minerales en hierro líquido, a través de su reducción con coque; se separan con piedra caliza, los componentes indeseables, como fósforo, azufre, y manganeso. Los gases de los altos hornos son fuentes importantes de partículas y contienen monóxido de carbono. La escoria del alto horno es formada al reaccionar la piedra caliza con los otros componentes y los silicatos que contienen los minerales. Se enfría la escoria en agua, y esto puede producir monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno. Los desechos líquidos de la producción de hierro, se originan en el lavado de gases de escape y enfriamiento de la escoria. A menudo, estas aguas servidas poseen altas concentraciones de sólidos suspendidos y pueden contener una amplia gama de compuestos orgánicos (fenoles y crisoles), amoníaco, compuestos de arsénico y sulfuros.

### **7.2.2. PRODUCCIÓN DE ACERO**

El hierro producido en los altos hornos es refinado mediante el proceso de fabricación de acero, en el que es eliminada la mayor parte del carbón que se disolvió en el hierro líquido. En las plantas antiguas, el proceso de fabricación de acero todavía emplea el hogar abierto, pero en las plantas nuevas el método favorito es el del horno básico de oxígeno; se emplea oxígeno para quemar el carbón que está disuelto en el hierro. En ambos procesos, se producen grandes

cantidades de gases que contienen monóxido de carbono y polvo. Estos gases pueden ser reciclados luego de eliminar el polvo.

### **7.2.3 FUNDICIÓN, LAMINACIÓN Y ACABADO**

El paso final de la producción de acero convierte los lingotes de acero en los productos finales deseados. Los lingotes se laminan y forman placas, alambres, planchas, barras, tubos y varillas. Durante la laminación, se emplean grandes cantidades de aceite hidráulico y lubricante. Además, los baños químicos (para eliminar los óxidos) y la limpieza del producto final para remover el aceite y grasa, pueden generar volúmenes significativos de desechos líquidos ácidos, alcalinos y de solventes. En las plantas modernas, se omite, a menudo, el paso de la fundición de lingotes y se utiliza hierro líquido, directamente, en un proceso de fundición y laminación continúa.

### **7.2.4. PROCESO PRODUCTIVO DEL ACERO**

Antes de empezar a hablar del proceso productivo del hierro/acero es importante saber que son. El hierro es un elemento de la naturaleza que se encuentra en estado natural en forma de óxido de hierro con fórmula química  $Fe_2O_3$ . Los mayores yacimientos de hierro en el mundo se encuentran en Inglaterra, Estados Unidos, Australia y China, sin embargo es un material común en toda la tierra. El hierro tiene una estructura cristalina uniforme. Por otro lado el acero es una aleación de hierro con un porcentaje de impurezas de carbono superior al 2%. Esto antes de alterar negativamente al hierro lo hace más fuerte aunque más frágil. Hay un gran número de aleaciones de hierro dependiendo de los materiales aleantes y su aplicación.

Los procesos productivos asociados a la producción del acero con su respectivo impacto ambiental se encuentran listados a continuación: (Orea, 2013):

- El coque es producido por el calentamiento de carbón bituminoso, que expulsa los componentes volátiles. Es empleado como agente de reducción, en los hornos altos que producen hierro, para extraer el metal del mineral; durante este proceso, cierta cantidad de carbón se disuelve en el hierro líquido. El proceso de formación del coque o coquificación, despiden grandes cantidades de gas conteniendo monóxido de carbono; esto facilita la producción de toda una serie de químicos: alquitrán mineral, aceites livianos crudos (conteniendo benceno, tolueno, xileno), amoníaco, naftaleno, y cantidades importantes de vapor. La mayoría de estas sustancias pueden ser recuperadas y refinadas como productos químicos; el resto del gas del horno de “coquificación” se emplea internamente en los diferentes procesos y hornos para calefacción, y su excedente de gas puede ser utilizado para generar energía eléctrica, o como materia prima para la producción de químicos.

La producción de coque produce grandes cantidades de aguas servidas que contienen amoníaco y otros componentes liberados durante el proceso de coquificación. Esta agua contiene concentraciones potencialmente tóxicas de fenoles, cianuro, tiocianato, amoníaco; sulfuro y cloruro. La producción de coque emite humo visible, polvo de coque, y la mayoría de las sustancias volátiles mencionadas anteriormente.

#### **7.2.6. IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL**

La industria de acero es una de las más importantes en los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo. En los últimos años, esta industria, a menudo, constituyo la piedra angular de todo el sector industrial. Su impacto económico tiene gran importancia, como fuente de trabajo, y como proveedor de los productos básicos requeridos por muchas otras industrias: construcción,

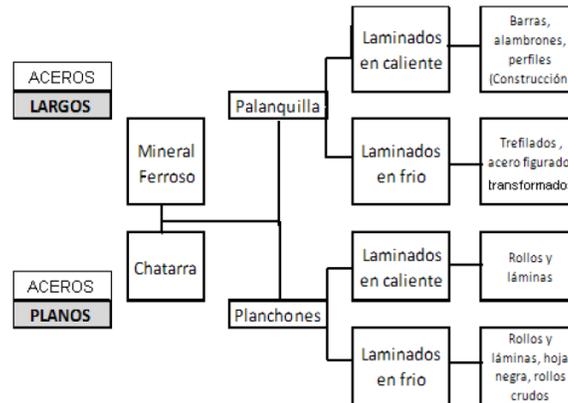
maquinaria y equipos, y fabricación de vehículos de transporte y ferrocarriles. Durante la fabricación de hierro y acero se producen grandes cantidades de aguas servidas y emisiones atmosféricas. Si no es manejada adecuadamente, puede causar mucha degradación de la tierra, del agua y del aire. En los siguientes párrafos, se presenta una descripción breve de los desperdicios generados por los procesos de fabricación de hierro y acero. (Logística Verde, 2011)

## **7.2.7. PROCESO SIDERÚRGICO Y DEL ACERO.**

### ***7.2.6.1. PROCESO DE FUNDICIÓN Y CONFORMADO DE METALES FERROSOS.***

El proceso de fundición de metales ferrosos definió un cambio evolutivo y social en el ser humano y en la actualidad es un proceso estandarizado ampliamente difundido. El proceso entonces está definido de la siguiente manera:

**Tabla 2. Cadena productiva del acero**



**Fuente. Comité siderúrgico Colombiano “industria del acero en Colombia-2007”**

### **7.2.6.2. EXTRACCIÓN**

La primera fase del proceso de producción de hierro, fundiciones, aceros y demás elementos ferrosos, empieza de la obtención de materias primas. Por un lado se puede extraer material en bruto directamente de minas y canteras, en donde se encuentra como ferrita (óxido de hierro), este se extrae a través del proceso de voladura y recolección, o a través de la excavación del mismo. La segunda forma de obtener materia prima es reciclando el material ya procesado anteriormente. Una de las propiedades de los metales (en este caso los ferrosos) es que se pueden reciclar infinitas veces sin perder sus propiedades químicas o mecánicas, todo esto debido a su estructura molecular en forma de celdas (S. Kalpakijian, 2008).

### **7.2.6.3. FUNDICIÓN**

Esta etapa del proceso es en donde, el mineral de hierro pasa de estado sólido a líquido y se combina con diversos elementos aleantes para convertirse en acero o fundiciones. El resultado del proceso es material puro en estado líquido, así como algunos residuos tales como arrabios y escorias, La escoria puede regresar a la etapa de fundición en donde se puede convertir en metal. Por otro lado el arrabio es un desecho del proceso que tienen muchos usos en la actualidad, tales como materia prima de tejas, bloques de construcción, lozas de tráfico, concreto entre otros. (S. Kalpakijian, 2008)

### **7.2.6.4. TRANSPORTE/COLADA**

En este punto del proceso el metal fundido se lleva a través de cribas, cucharas, canales o crisoles desde el horno de fundición hasta los moldes o preformas. Al culminar esta etapa se tiene el metal en forma de lingotes, tochos o bloques, adicional a ello en los medios de transporte anteriormente mencionados se encuentran residuos del material que pueden ser incluidos de nuevo en el proceso de fundición. (S. Kalpakijian, 2008)

### **7.2.6.5. REFINADO/CONFORMADO**

Después de tener el material en bruto se pueden pasar a una etapa de refinado y conformado mediante el cual a través de una etapa de tratamiento térmico y/o mecánico, se mejoran las propiedades mecánicas del material, así como su forma, en perfiles más fáciles de utilizar y de implementar a nivel comercial. Se puede decir que esta etapa es la que presenta una mayor cantidad de residuos, tales como aceites, ácidos, minerales, jabones y soluciones con diferentes grados de contaminantes. (S. Kalpakijian, 2008)

#### **7.2.6.6. MECANIZADO DE METALES FERROSOS**

En esta etapa del ciclo de vida de los metales ferrosos se le da forma funcional al material en bruto, pero por sus condiciones particulares no se cambia su composición química o por lo menos no a nivel significativo. Hay una gran serie de procesos vinculados tales como torneado, taladrado, cortar, soldar, trefilar entre otros, pero los resultados son los mismos. Por un lado se tiene la pieza funcional y por el otro lado, se tienen residuos del metal en diferentes formas y tamaños que pueden ser, polvo, viruta, trozos, piezas por debajo del estándar de calidad e incluso inventarios funcionales sobrantes. (S. Kalpakijian, 2008)

#### **7.2.6.7. DISPOSICIÓN FINAL**

A nivel industrial muchos de los residuos en lugar de ser integrados en un modelo de logística inversa, se venden a chatarreros y comercializadores de chatarra, dejando eslabones abiertos en la cadena de retroalimentación o se envían directamente a los rellenos sanitarios. A nivel doméstico se arrojan directamente a la basura terminando de igual manera en rellenos sanitarios mezclados con otros residuos que afectan su proceso de degradación convirtiendo algunos elementos metálicos en componentes tóxicos. (S. Kalpakijian, 2008)

#### **7.2.6.8. METALURGIA.**

La metalurgia comprende el conjunto de operaciones que tienen por objeto obtener un metal, partiendo de los minerales que lo contienen. Estas operaciones comprenden: las separaciones mecánicas en donde el material se granula, tritura, pulveriza, selecciona, etc. Seguido de la separación química en donde su composición se refina utilizando compuestos químicos y procesos térmicos, tales como lo es la fundición y los tratamientos térmicos. (Schimid, 2008)

#### **7.2.6.9. SIDERURGIA.**

La siderurgia, también llamada metalurgia de los materiales ferreos (materiales compuestos fundamentalmente por hierro), es la parte más importante de la metalurgia, por cuanto ella estudia la obtención del hierro y sus derivados: acero y fundiciones, en sus innumerables variedades, derivadas en primer término de la dosificación del carbono que entra en su composición y en segundo término por la influencia que ejercen otros metales y metaloides, incorporados voluntariamente o involuntariamente en su estructura. (Generalidades de la cadena Productiva, 2005)

#### **7.2.6.10. HIERRO.**

El hierro es un metal blanco, grisáceo, dúctil y maleable. Densidad: 7,8 gr/cm<sup>3</sup>. Funde a 1524°C. Antes de alcanzar la fundición pasa por el estado pastoso, especialmente cuando está ligeramente carburado, lo que permite trabajarlo caliente. (Ceretti, 2004)

#### **7.2.6.11. ACERO.**

El acero es una aleación de hierro carburado. El porcentaje de Carbono máximo que se le atribuye es 1,7%. Cada uno de los porcentajes de carbono, unidos a la presencia involuntaria de otros metales y metaloides, le confiere propiedades especiales, puesto que el acero es un producto industrial, maleable, que puede endurecer considerablemente si se lo somete a tratamientos térmicos o calentamiento y enfriamiento lo hace indispensable en la industria mundial. (Cerdeira, 2004)

#### **7.2.6.12. FUNDICIONES.**

Una mayor dosificación de carbono, superando a la cifra citada de 1,7% anteriormente, al hierro y hasta su saturación carburo ferrico con 6,67% de carbono, origina un producto ferroso denominado fundición. Bajo el punto de vista industrial existe un gran número de variedades, por la simple dosificación del % de carbono. Los elementos involucrados en ella, voluntariamente, dan origen a gran número de fundiciones, como propiedades tecnológicas diversas, altamente resistentes a las vibraciones (Pezzano, 1955).

#### **7.2.6.13. METALES FERROSOS.**

Son todos los metales y aleaciones con alto contenido de hierro en su estructura química. Se utilizan para ornamentación, equipos, máquinas, herramientas y estructuras entre otras muchas aplicaciones. Todos estos materiales deben estar protegidos del oxígeno y de la humedad ya que el hierro es susceptible de oxidarse, esta protección puede ser superficial o a nivel molecular con la adición de otros elementos diferentes al carbono. (Anónimo, Los metales Ferrosos y no ferrosos, 2003)

#### **7.2.8. ECOEFICIENCIA.**

La ecoeficiencia se refiere a crear más valor agregado de los productos terminados, con un menor impacto ambiental y para ello se busca la eficiencia ecológica paralelamente con la eficiencia económica, orientadas a la obtención de ahorros en los procesos de producción, junto con un mejor desempeño ambiental. La mejora en la eficiencia en el uso de los recursos y la disminución de la contaminación llevan a la reducción de los gastos. (CECODES, 2002)

### **7.2.9. EFICIENCIA**

La eficiencia, es la capacidad para alcanzar los objetivos y metas con la menor inversión de tiempo, esfuerzo y recursos. (Thompson, 2014)

### **7.2.10. VENTAJA COMPETITIVA.**

Las ventajas competitivas, corresponde al conjunto de aspectos (tangibles o intangibles) superiores de la organización y percibidos por el mercado como únicos dentro de la industria. Esta ventaja puede estar soportada en tres aspectos a saber: diferenciación, liderazgo en costos y enfoques o nicho. (Thompson, 2014)

### **7.2.11. CRECIMIENTO ECONÓMICO Y POLÍTICO AMBIENTAL.**

El crecimiento económico generalmente representa la antítesis para la calidad ambiental; de hecho, ni siquiera en el aspecto primordial. Lo importante es el contenido de desarrollo; la composición de los insumos (incluidos los recursos naturales), y los productos (incluidos los de desecho). Este contenido lo determina, entre otras cosas, las instituciones económicas dentro de las que se llevan a cabo las actividades humanas. Tales instituciones se deben diseñar de forma que proporcionen los incentivos adecuados para preservar la elasticidad de los sistemas ecológicos. Estas medidas no solo fomentarán una mayor eficiencia en la asignación de recursos ambientales como los niveles de ingresos, sino que aseguran una escala sostenible de actividades económicas en el sistema ecológico donde depende la vida. Preservar la capacidad de los sistemas ecológicos para obtener el bienestar es tan importante para las naciones pobres, como para las más favorecidas. (DANE, 2006)

### **7.2.12. RECURSOS NATURALES.**

Un recurso natural es cualquier porción o aspecto del ambiente natural, como la atmosfera, agua, tierra, minerales fauna silvestre, manglares, bosques, flora, fauna, radiación, belleza, costas, montañas y los recursos naturales en general. Los recursos naturales no son más que uno de los factores de la producción, que forman parte de todas las actividades económicas. Estos pueden ser de diferentes tipos: Recursos no Renovables: como el carbón, petróleo, gas mineral, uranio y minerales de todo tipo, los cuales, una vez consumidos no vuelven a existir de esta forma; Recursos Renovables: Como el agua, los peces, la madera, cosecha y el ganado.; Recursos Fácilmente valuados como el panorama y los recursos común valor existencial que se valoran por sí mismo; y Especies exóticas y en peligro de extinción que pueden llegar a un nivel de disminución irreparable, después del cual se perderán para siempre.

Es fácil que los cambios tecnológicos, el reciclaje, las innovaciones, la exploración, el descubrimiento y la sustitución ayuden a resolver los problemas de algunos recursos no renovables durante algún tiempo. Así mismo es posible que el manejo cuidadoso y las actividades sostenibles aumenten la producción de recursos renovables y proteja la fauna silvestre exótica y en peligro de desaparición.

Existe cierto grado de elasticidad de sustitución entre los recursos renovables y los no renovables como cuando la energía solar desplaza el uso de hidrocarburos en los sistemas domésticos de calefacción y la generación de electricidad. Con frecuencia, la disponibilidad de los recursos naturales es la clave del éxito económico. **(UNESCO y UNEP, 2002)**

### **7.2.13. LOGÍSTICA VERDE.**

La logística verde o eco logística es la parte de la logística que se preocupa por los aspectos e impactos ambientales causados por la actividad logística. Por tratarse de una ciencia en desarrollo todavía existe una gran confusión respecto a su concepto.

El objetivo de la logística verde es coordinar las actividades de transporte, el almacenamiento, la gestión de inventarios, el manejo de materiales y todos los procedimientos relacionados con la transmisión de la información con el fin de satisfacer las necesidades del mercado a un costo mínimo. En el pasado, el costo sólo se expresaba en términos monetarios, pero ahora deben considerarse otros gastos relacionados con el cambio climático, la contaminación del aire y el agua, los accidentes y el deterioro del nivel de vida.

Es una coordinación de todas las actividades típicas de la cadena de suministro para satisfacer las necesidades del mercado a un costo mínimo, considerando como costos no sólo los puramente económicos, sino también los que afectan al medio ambiente y al equilibrio de los recursos: o lo que es lo mismo, los costos de la sostenibilidad del medio ambiente. Como su nombre lo indica se asocia más a la definición que se tiene de calidad ambiental, que en estos años ha llegado a significar: "...Agua potable segura, ecosistemas saludables, comida segura, comunidades libres de sustancias tóxicas, manejo seguro de desechos y la restauración de sitios contaminados...". (Logística Inversa, 2013)

### **7.2.14. INVENTARIO**

Según la Real Academia de la Lengua se puede ver que el inventario es el "Asiento de los bienes y demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad, hecho con orden y precisión". Por ende se entiende dentro de la operación comercial

como un dispositivo de control esencial para la operación empresarial y organizacional de cualquier compañía.

#### **7.2.15. CADENA DE ABASTECIMIENTO.**

La cadena de abastecimiento es la unión de eslabones donde los inventarios son movidos por diferentes medios y mecanismos de transporte a otro inventario con el fin de darle continuidad al modelo productivo continuo y organizado.

#### **7.2.16. TRANSPORTE.**

Según su definición en la real academia de la lengua se puede ver que el transporte “Sistema de medios para conducir personas y cosas de un lugar a otro.” Y en este caso en especial se convertirá en los conectores de los nodos de la cadena de abastecimiento y re abastecimiento del modelo logístico. (universia, 2014)

### **7.3 MARCO CONTEXTUAL**

El diseño de logística inversa será implementado en el país de Colombia el cual cuenta con yacimientos minerales puros de hierro principalmente en el norte del centro del país.

<b>Capital</b>	Bogotá	
<b>Superficie</b>	1'141.748 km	Total
	928.660 km	% de agua
<b>Población total</b>	47.387.109	habitantes

De igual forma se debe tener en cuenta que en Colombia la industria siderúrgica nace en los comienzos del siglo veinte con el descubrimiento de los primeros

yacimientos de mineral de hierro en 1923 en la región de pacho, ubicada en el departamento de Cundinamarca.

El proyecto tendrá una aplicabilidad a nivel nacional en todas las fundiciones y siderurgias el territorio colombiano, de cualquier escala y tamaño ya que la aplicación del modelo logístico es análoga y escalable en cada etapa. En el país se cuentan principalmente con 2 compañías siderúrgicas de gran capacidad como lo son SIDELPA (Siderúrgica Del Pacifico) y Acerías Paz del Rio. Que en su mayoría producen tochos, lingotes y perfiles de acero estructural y para la industria. Adicional a ello hay un gran número de medianas fundiciones (200 según el DANE) que realizan procesos de fundición a menor escala y de aleaciones ferrosas más específicas, así como un número indeterminado de fundiciones que operan en procesos secundarios de compañías de reciclaje y de metalmecánica.

El sector siderúrgico nacional maneja sus líneas de abastecimiento a través de un modelo de transacción directa con el propietario de la materia prima, pautando valores estándar asociados con el precio nacional del acero, aun así no hay una bolsa que legalice los precios ni que regule las cantidades y precios q maneja cada uno de los agentes terciarios que distribuyen a las compañías siderúrgicas. Ninguno de los revendedores de chatarra está asociado más q a gremios de recicladores q no tienen influencia dentro del mercado y q no dan ningún tipo de valor agregado al proceso.

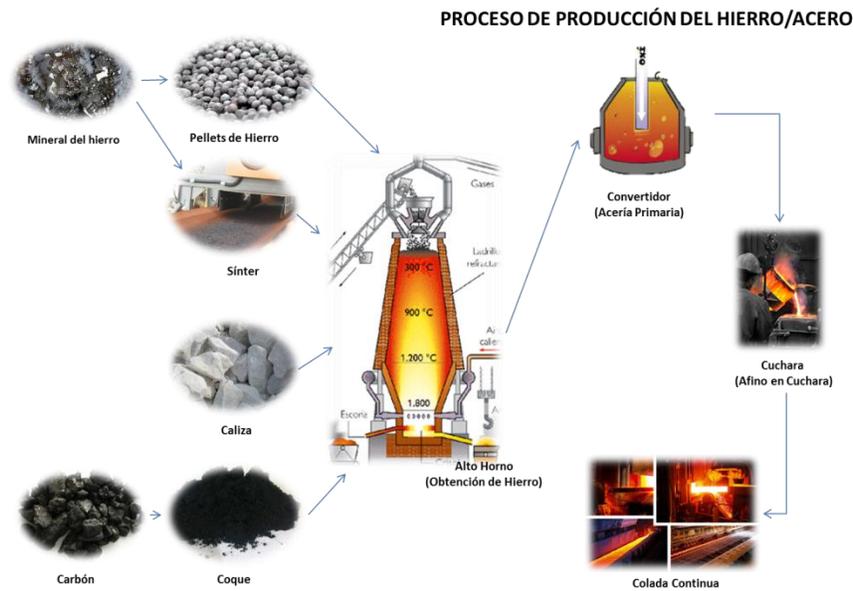
Tradicionalmente las compañías siderúrgicas entregan su producto a agentes comerciales ligados a las fundiciones pero q no hacen parte directa de los mismos y los cuales a su vez venden el producto según requerimiento a grandes medianos y pequeños consumidores. Este fenómeno hace que el producto final de la cadena siderúrgica no sea trazable a lo largo de todo su ciclo de vida y por ende no se puede cerrar la cadena de abastecimiento de manera adecuada.

Según el DNP la cadena siderúrgica comprende la obtención del acero y hierro, la fabricación de artículos de acería laminados en caliente como las barras, varillas, láminas y alambrón (utilizados en obras de infraestructura), artículos laminados en frío (utilizados en la metalmecánica para la fabricación de electrodomésticos), planos revestidos (utilizados para la fabricación de cubiertas y envases) y tubería con costura. Estos productos son obtenidos a partir de procesos de fundición, laminación y forjado, entre otros.

La industria siderúrgica se caracteriza por la existencia de altos costos fijos -por tanto altas economías de escala-, alta intensidad en capital, requerimientos de personal con alto nivel de calificación e impacto ambiental significativo del proceso productivo. Su importancia radica en su relación con otras industrias.

A nivel industrial nacional, no se puede hablar de modelos completos de logística inversa, las aproximaciones llevan a sectores productivos de gran tamaño con planes de recuperación de residuos útiles. Las tres industrias que se dedican fundamentalmente a estas actividades son las industrias, del plástico (termoplásticos), siderúrgicas y del vidrio. Esto a nivel generalizado tanto en Colombia como en el caso particular Bogotano.

### ILUSTRACIÓN 3. Proceso de Producción del hierro y acero.



**Fuente. Autor**

No se puede hablar formalmente de logística inversa ya que hay una gran cantidad de agentes libres en el proceso y es por ende que a través de terceros se retro alimenta la cadena productiva, aumentando el costo de intermediación y perdiendo la trazabilidad de los materiales. Hay que recordar adicionalmente que muchas siderurgias en Bogotá operan dentro de marcos de compañías de reciclaje y asocian la fundición como un proceso secundario de su operación pero al hacer esto convierten el proceso en un eslabón globalizado de una tarea menor, tal como lo es el acopio de materiales por ende a nivel local se cuentan con muchas fundidoras de pequeña escala, casi todas asociadas a centros de acopio de chatarra, rudimentarias y vagamente normalizadas, asociadas y estandarizadas, lo que genera una mezcla de procesos altamente contaminantes e informales, sin ningún modelo logístico inverso asociado.

A diferencia de la industria del plástico y del vidrio, mucho material que termina en el proceso siderúrgico es material robado de infraestructura público (alcantarillas, postes, semáforos, estructuras, etc.).

Esta industria tiene un gran potencial a nivel productivo, pero a la vez una gran responsabilidad, por su impacto ambiental y social. Sin contar con la creciente demanda de acero de alta calidad a nivel local.

Hay una serie de industrias a nivel local susceptibles de ser mejoradas a nivel logístico, pero no se cuenta con modelos estables, debido a la informalidad de sus procesos y la falta de inversión en planes de mejora continua y estandarización.

Las fundidoras esquemáticamente no hacen parte de una cadena sostenible de producción formal, ya que dependen de sus centros de acopio y proveedores pero que no son constantes ni en calidad, ni en volumen de venta.

Actualmente en Colombia según su razón social hay 3 compañías principales (Directorio de la Industria de Cosntruccion, 2009) que son, una división de acerías paz del rio, Gerdau Diaco s.a. Quintal. Adicional a ello hay más de 133 compañías dedicadas a la comercialización del acero y 96 al hierro. Sin contar como se dijo anterior mente a las cientos de compañías de reciclaje y centros de acopio que tienen como razón social el reciclaje, acopio de materiales, desmontaje industrial, desmantelamiento en general de estructuras y las recicladoras y fundidoras informales.

#### **7.4. MARCO LEGAL**

No se puede hablar de una legislación como tal que regule al sector siderúrgico o a las operaciones logísticas como tal, solo se puede hablar de algunas leyes artículos y decretos que reglamentan actividades medioambientales.

Adicional a ello las compañías recolectoras/recuperadoras de chatarra, fundidoras de acero y comercializadoras, deben contar con la documentación en regla que le permita estar dentro de las regulaciones comerciales nacionales y distritales, tales como cámara y comercio, bomberos, hospitales y propiedad intelectual.

Un gran problema legal asociado a este sector radica en que mucho material fundido y reprocesado es hurtado, tales elementos pueden ser, tapas de alcantarilla, autopartes (carrocerías), semáforos, postes eléctricos, tapas de contadores, entre muchos otros pero de los cuales no se puede tener trazabilidad, ya que al ser fundidos es imposible descifrar su origen, lo que hace indispensable para el proceso que se tenga control sobre el origen de las materias primas.

Para implementar modelos sólidos de logística inversa, no es necesario modificar la legislación, solo se requiere establecer acuerdos comerciales sólidos y contratos dentro del estándar de la súper intendencia de industria y comercio y de sociedades.

#### **7.4.1. DE LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA**

**Artículo 8º:** Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.

**Artículo 79º:** Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

**Artículo 80º:** El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

#### 7.4.2. LEYES Y DECRETOS

**Ley 2811 de 1974:** Código nacional de los recursos naturales renovables RNR y no renovables y de protección al medio ambiente. El ambiente es patrimonio común, el estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo. Regula el manejo de los RNR, la defensa del ambiente y sus elementos. (Alcaldía de Bogotá, 1974)

**Ley 23 de 1973:** Principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo y otorgó facultades al Presidente de la República para expedir el Código de los Recursos Naturales (Congreso de Colombia, 1973)

**Ley 491 de 1999:** Define el seguro ecológico y delitos contra los recursos naturales y el ambiente y se modifica el Código Penal (Congreso de Colombia, 1999)

**Ley 2 de 1959:** Reserva forestal y protección de suelos y agua (República de Colombia Congreso Nacional, 1959)

**Decreto 79 de 1986:** Conservación y protección del recurso agua (Congreso de Colombia, 1986)

**Decreto 2655 de 1988:** Código de Minas; tiene como objetivos: fomentar la exploración del territorio nacional y de los espacios marítimos jurisdiccionales, en orden a establecer la existencia de minerales; a facilitar su racional explotación; a que con ellos se atiendan las necesidades de la demanda; a crear oportunidades de empleo en las actividades mineras; a estimular la inversión en esta industria y a promover el desarrollo de las regiones donde se adelante. (Unidad de planeación Minero Energica)

### 7.4.3. ESTÁNDARES Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

**ISO 14001:** es una norma aceptada internacionalmente que establece cómo implementar un sistema de gestión medioambiental (SGM) eficaz. La norma se ha concebido para gestionar el delicado equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción del impacto medioambiental. Con el compromiso de toda la organización, permite lograr ambos objetivos. (Bsigroup, 2012)

**ISO 9001:** Especifica los requisitos para un SGC eficaz en el cumplimiento de las especificaciones del cliente y es la base para que, en su caso, una tercera parte (ajena a la organización y al cliente) pueda certificar que el SGC es conforme a los requisitos de dicha norma (Anonimo, sistema de Gestion de Calidad. Iso 9001:2000, 2005)

## 8. DISEÑO METODOLÓGICO

### 8.1. TIPO DE ESTUDIO

El estudio a desarrollar dentro de este trabajo, es un estudio **Exploratorio** en el cual su objetivo principal es conseguir una perspectiva general de un problema o situación, se identifican las posibles variables que intervienen y sus relaciones así como las fuentes de información de problemas o situaciones similares y sus soluciones; de esta forma se evidencia, que debido a la complejidad del modelo que se debe modelar y sistematizar antes de implementar el modelo a nivel local. (Lozano, 2008)

La modelación se hará a través del estudio de los axiomas que arroje la investigación y según las necesidades de los agentes envueltos en el problema, como dichos agentes se debe contar en primer lugar la compañía, la sociedad-estado y el medio ambiente.

Hay que retroalimentar constantemente el proceso y el modelo para evitar que queden variables libres (o por lo menos reducirlas al mínimo) y para no probar una cantidad indeterminada de veces antes de hallar un modelo efectivo. Lo que se debe hacer es tomar toda la información socializarla sobrealimentarla con los resultados y modelar un sistema efectivo que se pruebe en el campo mas no que se deba re implementar indefinidas veces.

## 8.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

Para cumplir los propósitos planteados, en la investigación se realizó un análisis de tipo inductivo, que permitió generar argumentos acerca de la importancia que tiene la logística en la cadena siderúrgica y metalmecánica. Se deberán analizar el contexto de las industrias en el momento y posteriormente se deberá sintetizar todo ello en un modelo sistémico funcional e integral teórica y metodológicamente coherente.

Cada uno de estos elementos ayudara a formar una idea más clara del cómo construir un modelo eficaz, eficiente y flexible.

Este tipo de estudio y enfoque, que se le dará al análisis de la situación, permitirá particularizar cada una de las situaciones que posiblemente se presenten a la hora de aplicar el modelo así como cada una de las variables del sistema, así como jerarquizarlas y convertirlas en parte del modelo propuesto.

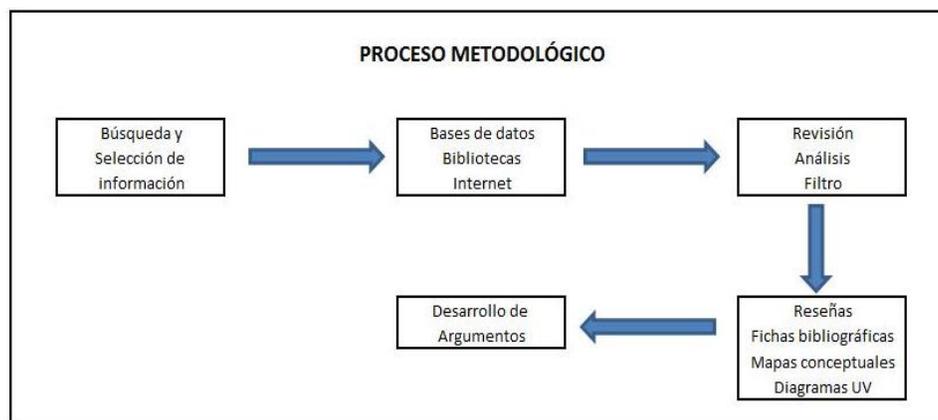
El modelo inductivo y analítico permite tomar cada pieza del sistema actual procesarla entenderla y darle su adecuado lugar en la construcción de un modelo funcional, no se analizaran los elementos técnicos únicamente, se deberán analizar los elementos socio-económico-ambientales necesarios para darle integralidad al modelo y esto solo es posible a través de un modelo analítico que usa pruebas lógicas para establecer el adecuado entendimiento de un agente en un sistema. (Malhotra, 2004)

Adicional a lo anterior después de tener un concepto inductivo y analítico relevante de cada agente (elemento del sistema) es necesario sistematizarlo, acoplarlo o vincularlo de manera que la posición jerárquica dentro del proceso suministrado por el enfoque analítico, se mantenga y se enfatiza. Y esto solo es posible al integrar el elemento sintético con el analítico. Adicional a ello el análisis sintético permitirá evaluar la eficiencia ya que permite desglosar contablemente las variables asociadas al sistema.

### 8.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la presente investigación, se utilizó como medio de recolección de la información artículos y libros. Estos documentos se constituyen en materia que permitieron la descripción del tema objeto de estudio, la información se ordena a partir del uso de fichas bibliográficas y otras técnicas para la sistematización de lecturas.

**FIGURA 1. PROCESO METODOLÓGICO**



Fuente: Andrea Cely. Administradora de empresas, docente universidad de san buenaventura.

#### 8.3.1. Fuentes de Información

Debido a que no es muy abundante la documentación de experiencias sobre logística inversa en Colombia, se encontró cierta dificultad para la búsqueda y posterior selección de material que aportara los elementos necesarios para el logro de los objetivos propuestos en el presente estudio. No obstante, se consideró la información de tipo secundaria, obtenida de las bases de datos y libros, para apoyar el desarrollo de la investigación. Adicionalmente el análisis se complementó con la consulta de otros estudios con que se propone, lo cual se integró otros estudios realizados, artículos de revistas especializadas e Internet.

## 8.4. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para el análisis de la información secundaria se emplearon como instrumentos: reseñas, fichas bibliográficas, mapas conceptuales y diagramas UV, los cuales permitieron realizar el análisis desde el punto de vista de la autora para luego establecer un criterio propio.

**Tabla 1. Clasificación de la bibliografía utilizada**

CATEGORÍA PRINCIPAL	SUBCATEGORÍAS	REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS
<p><i>MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA PARA LAS PYMES COLOMBIANAS QUE DEDICAN SU PRODUCCIÓN AL SECTOR SIDERÚRGICO</i></p>	<p>Estado actual del sector siderúrgico en la economía Colombia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcaldía Mayor de Bogota D.C. (s.f.). <i>Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos</i>. Bogotá.</li> <li>• Anonimo. (2005). <i>sistema de Gestion de Calidad. Iso 9001:2000</i>. Bogota.</li> <li>• Anonimo. (2 de Mayo de 2012). Demanda de acero al alza con crecimiento de vivienda y obras. <i>Portafolio</i>.</li> <li>• Unidad de planeacion Minero Energica. (s.f.). <i>Decreto 2655 de 1988</i>. Recuperado el Abril de 2013, de Codigo de Minas: <a href="http://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/decreto-2655-de-1988.pdf">http://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/decreto-2655-de-1988.pdf</a></li> </ul>
	<p>Procesos que hacen parte de la logística inversa dentro de la industria siderúrgica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monterroso, L. E. (2000). <i>El proceso logistico y la gestion de la cadena de abastecimiento</i>.</li> <li>• Perri Walker, W. H. (1991). <i>Handbook of Metal Etchants</i>. Washington, D.C: CRC Press LLC.</li> <li>• Pezzano, P. A. (1955). <i>Siderurgia</i>. . Buenos Aires: Alsina Ediciones Buenos Aires.</li> <li>• S. Kalpakijian, S. S. (2008). <i>Manufactura, ingenieria y tecnologia</i>. Mexico: Pearson Quinta Edicion .             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Constitución Política de Colombia 1991.</li> </ul> </li> <li>• Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Dirección de Desarrollo Sostenible.</li> <li>• Evaluación de las Cadenas de Reciclaje. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Urbano: 2004</li> <li>• Organización Internacional para la Estandarización (ISO)</li> </ul>

		<p style="text-align: center;">Norma-UNE-EN-ISO 14001</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización Internacional para la Estandarización (ISO) Norma-UNE-EN-ISO 9000:2000</li> </ul>
	<p style="text-align: center;">Modelo de logística inversa que supla las necesidades de las pymes que dedican su producción al sector siderúrgico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxford University. (2001). <i>Axiomatic Design</i>. Reino Unido: Oxford University Inc.</li> <li>• Rosario, U. d. (2010). Diseño del sistema logístico de la cadena de abastecimiento del desperdicio y desecho del vidrio en Colombia.</li> <li>• Universidad Católica de Colombia. (s.f.). <i>Tipos de Investigación Según grado de profundidad y Complejidad</i>. Bogotá.</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia

De igual manera los resultado se analizaron a través de matrices de categorización (diseño axiomático), triangulación de datos, fuentes técnicas, análisis de contenido, análisis inferencial, comparativo, topológico relacional entre otros: esto debido a jerarquizar los datos e información de la misma manera que a las variables, para evitar caer en perdida innecesaria de recursos y tiempo, analizando datos poco relevantes o innecesarios en el momento específico.

Las matrices de resultados son herramientas que permiten tener todos los datos al alcance y no desperdiciar tiempo.

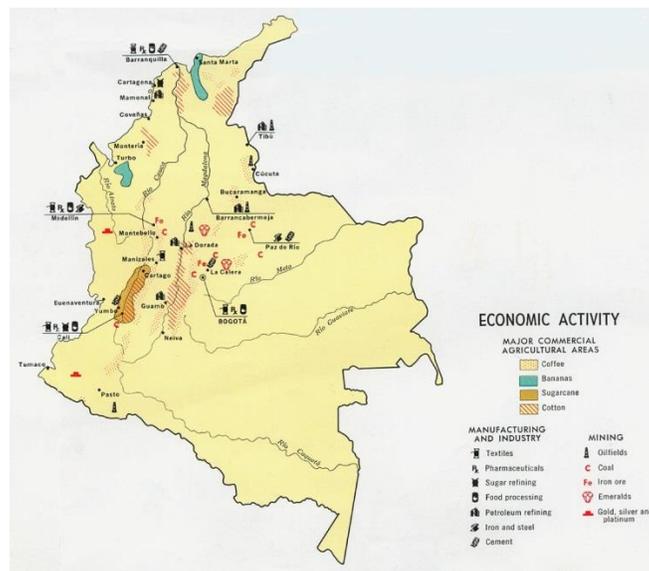
# **CAÍTULO 1**

## **SECTOR SIDERÚRGICO**

## 9. SECTOR SIDERÚRGICO

El sector siderúrgico es aquel sector productivo y económico, en el cual el material de hierro en estado mineral (óxido de hierro) se funde para ser convertido en hierro o acero tal como se mencionó en el marco teórico. Este proceso está altamente ligado al proceso de explotación minera del material de hierro en bruto y desde la revolución industrial en el siglo XVIII el sector siderúrgico de las naciones con capacidad de explotación de mineral de hierro, se ha convertido en uno de sus principales pilares de desarrollo socio económico nacional.

Colombia cuenta con yacimientos de mineral puro de hierro en el norte del departamento de Boyacá, y en el centro del departamento de Antioquia, los dos en el centro del país, tal como se indica en el mapa:



La imagen muestra yacimientos de mineral puro (Gerda Diaco, 2014)

Estos yacimientos dan origen a dos de las zonas productivas más importantes del país.

Por un lado se encuentra una de las principales siderurgias del país, que es Acerías Paz del Río. Actualmente parte de la multinacional Votorantim. Esta se desarrolla en el departamento de Boyacá y provee de acero, hierro y cemento (el cemento es un producto secundario del proceso siderúrgico, se tiene de la escoria del proceso, pero no es parte fundamental de este caso de estudio por lo que no será tratada en detalle) al centro del país impulsando la industria, y la construcción en la capital del país.

De manera análoga están los yacimientos de Antioquia, que son utilizados por SIDELPA (siderúrgica del Pacífico) para desarrollar estructuras de desarrollo análogas a las de Paz del río, pero en Medellín. Haciendo de esta la segunda ciudad en términos de desarrollo productivo e industrial. (Acería Paz del Río, 2009)

Al sector también incluye los procesos de fundición de metales previamente tratados, (chatarra/arrabio) que ocurren en menor escala en las ciudades del país con desarrollos industriales definidos, tal como lo es el caso de Bogotá.

El sector siderúrgico es un sector con procesos tradicionalmente establecidos pero susceptibles de mejoras no solo a nivel técnico, si no también organizacional, normalmente este tipo de procesos usan modelos de diseño operativo y logístico tradicionalistas basados en modelos similares, y para generar grandes mejoras, se requiere de un capital de inversión adicional a los costos operativos tradicional y aunque represente una tasa de retorno a futuro, la idea de vender el concepto a los productores es más compleja.

Esto también requiere por ende que algunas técnicas cambien y se moldeen así como la estructura organizacional, la manera de abordar esta problemática de implementación, es abordar el concepto del proceso productivo como una balanza, en la cual, entre mayor cantidad de material, energía, insumos y trabajo logre recuperar de los desechos y procesos más se va a inclinar la balanza hacia el lado de las ganancias operativas netas. Esto particularmente para los grandes

productores, como las siderurgias de gran capacidad mencionadas al inicio del documento. Por ende para poder analizar esto de una mejor manera no solo a nivel macro si no también micro y de mediana escala, es necesario entender dichos obstáculos y sus características propias; Por lo tanto los obstáculos que plantea la implementación de un modelo de logística inversa en este sector productivo por ende serán:

**TABLA 1. Obstáculos de la implementación de un modelo unificado completo de logística en el sector Siderúrgico Colombiano**

<b>OBSTÁCULO</b>	<b>CARACTERIZACIÓN</b>
<b>Técnico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de conocimiento respecto a las técnicas de logística inversa.</li> <li>-Conocimiento técnico Empírico a nivel operativo.</li> <li>-Falta de cadenas formales de acopio y reproceso de material sobrante</li> </ul>
<b>Tecnológico</b>	-Herramientas, instalaciones y equipos rudimentarios.
<b>Financiero</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Bajo potencial de inversión.</li> <li>-Altos costos iniciales, en ámbitos técnicos y tecnológicos.</li> </ul>
<b>Político – Legal</b>	-Políticas ambiguas en torno al marco ambiental y operativo de una siderurgia

(Elaboración Propia)

**Fuente: Material Bibliográfico Consultado (Ver Bibliografía)**

Partiendo de este cuadro se puede ver la complejidad de la problemática y del reto que representa implementar un modelo de logística inversa que cumpla con los requerimientos de la industria, del sector y de los estándares ambientales mínimos para su óptima operación. Es por lo anteriormente mencionado que se debe entender a fondo cada uno de los obstáculos que allí se presentan.

- En el aspecto técnico es donde se presenta el mayor de los desafíos en el entorno siderúrgico nacional. En primer lugar, la mayor parte de fundición y siderurgia de la ciudad se realiza en establecimientos de carácter informal los cuales son conocidos como chatarrerías y que según la descripción de su actividad comercial, según la cámara de comercio de Bogotá y el plan de gestión ambiental, si no superan las 2 Toneladas por día, no requieren presentar informe de emisiones y no se listan como fundidora o acerías. Adicional a ello no aplican ningún modelo organizacional y su operación radica en la compra a actores formales e informales.

Dentro de los actores formales se cuentan los talleres de mecanizado y de conformado así como demás establecimientos comerciales legalmente organizados, que generen residuos metálicos. Por otro lado la mayor parte de su gestión es suplida por recicladores (agremiados y no agremiados) recolectores de chatarra, malvivientes y terceros sin ninguna asociación comercial pero que cuentan con cantidades del material requerido adicional a ello, en algunos casos recurren a la recolección fortuita (es decir que ellos mismos recogen en las calles el material disponible en forma de desechos y escombros).

Estos lugares no cuentan con un desarrollo técnico formal ni a nivel siderúrgico, ni a nivel organizacional y su proceder está determinado por el conocimiento empírico de los operarios de los equipos. Este obstáculo técnico no se ve en compañías formalmente constituidas o en las cuales su actividad principal es la de la siderurgia, adquieren material de chatarreros

o de vendedores de menor escala, lo que destruye la trazabilidad del material.

- El segundo obstáculo anteriormente mencionado, es el obstáculo tecnológico, que en el mejor de los casos, para las compañías con procesos claros y establecidos, las tecnologías que permitirían establecer procesos logísticos directos e inversos eficientes y sostenibles son costosas y por ende se prefiere mantenerse al límite del espectro legal en lugar de la innovación total para seguir siendo competitivos.

Por otro lado, los hornos e instalaciones de la chatarreras, son menos que tecnológicamente eficientes y en muchos de los casos son hornos a gas o eléctricos contruidos de forma rudimentaria, sin un control eficiente de gases, combustión, energía u operación en general. Aun así estos se usan porque son de rápida y económica implementación, además que cumplen con la función de no solo fundir acero, sino también otros materiales propios de la actividad de la recolección de la chatarra.

- El tercero de los obstáculos es la barrera financiera y este quizás es uno de los más críticos, ya que aunque se quiera formalizar todo el sector e implementar tecnologías de punta, esto no será posible sin el soporte económico pertinente o con la prueba de una recuperación económica total de la inversión, con ganancias adicionales en un mediano o corto plazo, luego de la puesta en marcha de la implementación inicial.

La última de las barreras a tener en cuenta de manera concreta es la barrera política y legal, esta barrera se muestra ya que no hay lineamientos claros en torno a quienes son en primer lugar, los encargados de los residuos en gran cantidad de las ciudades del país (y aunque en este momento se considera que es la administración distrital, es bien conocida la participación de incontables micro

agentes informales que operan desde el punto de aparición del residuo, hasta el punto de destino final e incluso su posterior re proceso), políticas claras en torno a los lineamientos operacionales de este tipo de establecimientos y sobre todo una carencia casi total de control por parte de las autoridades, que radican su operar en la queja ciudadana más que en la veeduría directa.

Ahora bien, aunque el contorno parece caótico, la solución que resulta ser más eficaz y eficiente es la implementación de un modelo de logística inversa, y se puede llegar a esta conclusión de manera tan anticipada, partiendo de la premisa, que cualquier proceso es eficiente siempre y cuando se tenga pleno control de sus variables y ya que hay procesos logísticos directos establecidos, solo queda vincular una cadena inversa que lo complemente.

Al hacer esto, lo primero que se hará entonces es acabar con la informalidad, organizar los eslabones del proceso y tener un sector productivo más limpio y eficiente a nivel operacional y económico.

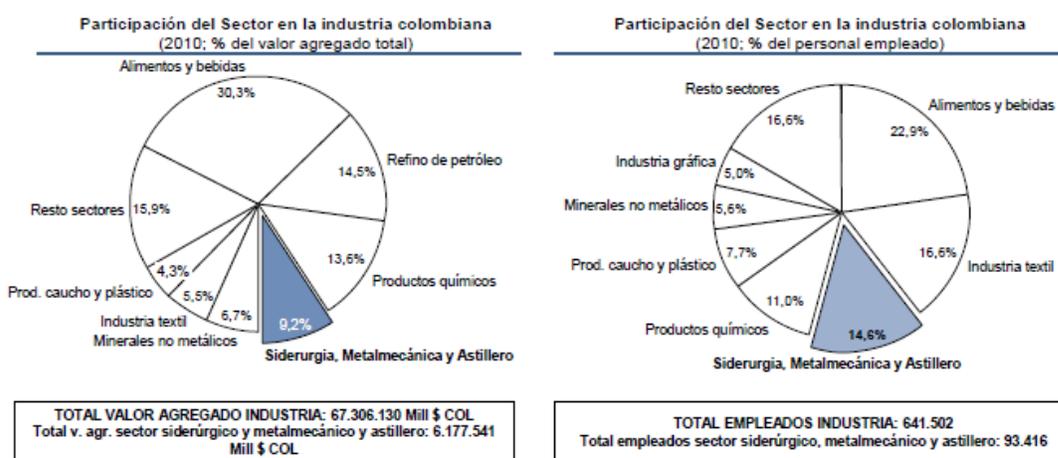
Aunque esto aparentemente presente una problemática social simultánea, es tarea del profesional, contribuir con los planes de ordenamiento de la comunidad y uno de ellos es el de la formalización de los canales de reciclaje en la ciudad, la reducción de residuos y mejoramiento ambiental de la ciudad y desarrollo social de las comunidades. Y la manera de mitigar el impacto en los sectores terciarios será por ende incluirlos como vectores paralelos en los centros de acopio, pero definitivamente el modelo final requiere de mayor regulación sobre ellos y sus actividades menores, que aunque invisibles afectan una comunidad entera.

Para entender finalmente lo vital que es superar estas barreras es necesario entender la importancia real de este sector productivo, el verdadero impacto ambiental que representa y por ultimo una mirada a los puntos mejorables del proceso operativo y organizacional en sí mismo, así como su impacto en la economía y la sociedad colombiana al emplear alrededor del 2% de la fuerza laboral colombiana CON MAS DE 14.000 empleos y aportar el 3.2% de la producción de la nación. Y aunque parezca un valor inferior, según el DNP,

(departamento nacional de planeación) los lugares donde se sitúan las principales centrales siderúrgicas, hacen parte activa de las actividades comerciales y productivas de comunidades particulares. Aun así no se incluye la participación informal así como los sub empleos y procesos tercerizados. (Siderurgia, 2003) Ni compañías con modelos productivos fuera de esquemas de siderurgia integrada (solo paz del rio y SIDELPA cuentan con este esquema)

### 9.1. IMPORTANCIA DEL SECTOR SIDERÚRGICO

Como se mencionó anteriormente el sector siderúrgico es el principal sector económico promotor de desarrollo tecnológico e industrial de la humanidad, y evidencia de esto se encuentra al dar un vistazo alrededor. Y aunque el plástico, polímeros y cerámicas estén remplazando al acero, sin lugar a duda la única manera de desarrollar esos elementos es a través de equipos de hierro o acero en alguna de sus presentaciones lo que le da al acero una connotación intrínsecamente relevante. Lo cual hace que en Colombia el sector siderúrgico sea uno de los principales sectores de la economía nacional, en cuanto al empleo, la participación en el total de la industria fluctuó alrededor del 1,8%.



(Eneko Zarraoa, 2012)

Adicional a su importancia económica, el sector siderúrgico no solo a nivel Colombiano si no en todas las naciones con capacidad productiva, el sector siderúrgico brinda una importancia estratégica en los planes de desarrollo territorial. Esto se debe a que si se cuenta con una infraestructura logística en torno al acero, se abren las puertas al desarrollo urbanístico acelerado, así como al desarrollo industrial en toda escala y de todo campo, ya que el acero es el constituyente fundamental de la mayoría de equipos industriales estructuras entre otros, tal como se mencionó anteriormente.

Para el caso particular de estudio de este documento se parte teniendo como base este precepto de importancia estratégica, pero se da relevancia por los volúmenes productivos trabajados y el evidente avance en el que se convertirá el ahorro energético y de material en un proceso de gran escala.

Para esto se debe ver el consumo energético y de recursos, por ende se entiende que el sector siderúrgico es un gran consumidor de energía ya que según el DANE en su encuesta anual manufacturera, consume más de 2 giga vatios hora de electricidad. De los 13 que es capaz de producir el país. Adicional a ello este sector produce anualmente material en bruto por encima del millón de toneladas por año según la ANDI y fenómeno que solo se ha visto afectado por el DUMPING de mercado que estaban originando las importaciones chinas.

De esta manera queda evidenciado que el sector siderúrgico y de producción de hierros y aceros es significativo a nivel nacional, no solo en volumen de producción, sino también en consumo de recursos y de igual manera a nivel socio económico al generar directamente más de 14mil empleos directos según el DANE en su encuesta anual manufacturera.

Para el caso fortuito de Bogotá. El sector siderúrgico aporta un brazo motor de la industria local, haciéndolo no solo importante energéticamente y en función del consumo de recursos, si no también estratégico en el desarrollo industrial capitalino. El sector siderúrgico por ende aportara el material constitutivo de maquinaria, equipos, construcciones y refacciones.

Por ende aunque los obstáculos mencionados al comienzo del capítulo parecen ser enormes, no es para nada absurdo pensar en que una solución a estos planteamientos conllevaran a un desarrollo más eficiente de la industria Bogotana, y por ende un posible modelo de generación de empleo y de formalización de actividades antes informales. Aportando un último factor de importancia social al mismo.

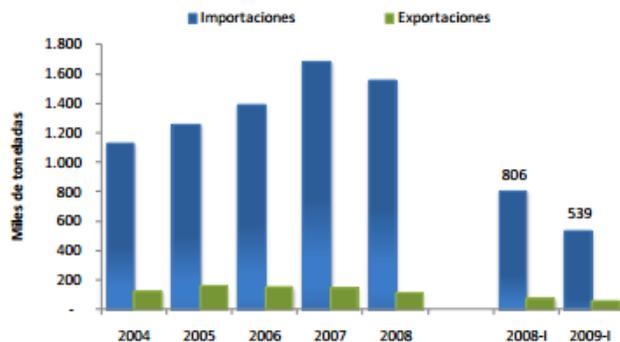
## 9.2. IMPORTANCIA COMERCIAL DEL SECTOR

A nivel comercial la industria del acero ha mantenido una tendencia estable a lo largo de la década tal como lo indican los registros del DANE a continuación:



Como se ve en el histórico el índice de empleo se ha mantenido a lo largo del tiempo. De igual manera después de un rápido crecimiento de la producción y ventas de acero que alcanzó su pico en el 2007, posterior a ello, las constantes fluctuaciones de mercado, así como el dumping del mercado auspiciado por el mercado asiático (china) ocasiono una estabilidad en el mercado y la producción, que recién logro estabilizarse en 2009.

Así mismo el índice de exportaciones ha caído con el aumento en la producción nacional, esto asociado con las políticas de protección a la industria siderúrgica nacional tal como se puede ver a continuación:



Fuente: Cámara Fedemetal – ANDI

Este fenómeno de aumento de la producción nacional así como de la estabilidad en ventas y su régimen entre costos de ventas y ventas útiles y la respectiva estabilización en el índice de exportaciones hacen ver como la cadena productiva del acero se ha hecho más fuerte gracias en gran medida a la inversión extranjera y a las políticas de protección del gobierno. (Camacol, 2009)

Tomando todo esto en cuenta, con un valor cercano a los 2.500 millones de pesos en ventas (solo en el nivel macro de la economía) el sector siderúrgico es una de las cartas fuertes a explotar para impulsar el desarrollo tecnológico e industrial del país. (Camacol, 2009)

### 9.3. IMPACTO AMBIENTAL

A pesar de su altísima importancia socio económico, tecnológico e industrial, se puede decir que el proceso productivo del acero en todas sus etapas, es uno de los procesos de mayor impacto ambiental al ecosistema y la biosfera.

Ya que la finalidad del presente documento será la de desarrollar los procesos logísticos, mejorando su capacidad estratégica dentro del mercado competitivo local y nacional y el mejoramiento de las condiciones ambientales de los sistemas asociados al proceso productivo tendrán una mejoría (al hacer más eficiente el

proceso productivo, se requerirá de menor cantidad de recursos, por ende de una menor demanda sobre el ecosistema) no asociada directamente a la finalidad última del caso de estudio, se trabajara brevemente sobre los aspectos que más atañen directamente al proceso.

En este orden de ideas. Los mayores efectos nocivos al ecosistema se presentan de la siguiente forma.

- **Aire:** el proceso siderúrgico es un proceso de transformación de estado de sustancias y elementos químicos, en el cual un mineral en bruto o un material susceptible de ser reciclado se funde y se lleva a estado líquido, se refina y se vuelve a llevar a estado sólido para su aprovechamiento, esto en un espectro amplio del proceso, y para llegar a este objetivo se debe quemar una considerable cantidad de carbón lo que a su vez libera grandes cantidades de carbono a la atmosfera, sin contar con una serie de elementos volátiles presentes, en el carbón, en el acero reciclable (chatarra) y en el mineral de hierro en bruto. estos gases son precursores del calentamiento global, la lluvia acida y el deterioro de las condiciones del aire que respiran las comunidades aledañas al proceso.
- **Agua:** dentro del entorno del mecanizado del material en bruto muchas de las maquinas, herramientas y equipos deben ser refrigerados y la manera más fácil y económica es con agua, esta agua se contamina entonces de los lubricantes de los equipos así como de los minerales presentes en la composición del material en bruto. Estas aguas aunque tratadas en su mayoría antes de ser regresadas a los ríos lagos y demás fuentes hídricas no van a volver

a quedar cien por ciento limpias y aportaran una amplia cantidad de contaminantes al sistema hídrico nacional. Adicional a ello las fundidoras de menor escala así como las ilegales o que usan la fundición como fuente alternativa de ingresos (empresas de reciclaje con preparación previa de material) no tratan las aguas residuales y las aportan completamente cargadas a los sistemas hídricos.

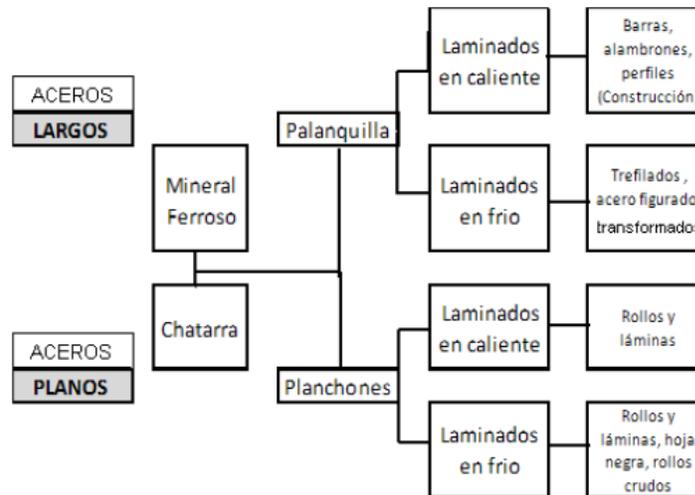
- **Suelos:** los suelos de los que se extrae el material puro de hierro deben ser explotados y por ende deforestados antes de ser llevado a los altos hornos, adicional a ello por el proceso productivo propio ya no podrán ser utilizados de nuevo para la agricultura, ya que serán convertidos, en humo, acero y escoria, la cual terminara como desecho (pobre en nutrientes) o como material para construcción.

Como se puede ver el proceso siderúrgico en su totalidad afecta los tres elementos principales del ecosistema directamente, sin contar con el daño indirecto ocasionado por los procesos análogos que lo abastecen, tal como la quema de carbón e hidrocarburos para la producción de energía que lo alimentan, la coquificación del carbón en hornos cerrados y abiertos.

Si se superan los obstáculos iniciales y se genera un sistema integral, eficiente, sostenible y trazable, los vectores ambientales de riesgo para las comunidades disminuirán y así como se mencionó anteriormente la calidad de vida a nivel social mejorara y brindara apoyo al desarrollo sostenible de la nación.

#### 9.4. ASPECTOS MEJORABLES DENTRO EL SECTOR SIDERÚRGICO.

Dentro del entorno siderúrgico y metalmecánico hay una gran cantidad de elementos a mejorar dentro de toda su estructura organizacional. Para entender esto es necesario entender todo el proceso que esta dado de la siguiente forma:



Fuente: *Comité Siderúrgico Colombiano. "Industria del acero en Colombia – 2007"*

Lo primero que se puede hacer es maximizar el nivel de reciclaje de material en todos los puntos del proceso, seguido de la estandarización regulación y repotenciación tecnológica de los equipos para minimizar el consumo energético. Por ultimo en los procesos de mecanizado que se ven en el diagrama se debe evitar la tercerización de procesos y retornar con el distribuidor primario para reintegrar el material sobrante, los cuales lo deben hacer con el distribuidor primario.

Lo que nos lleva a ratificar la conclusión inicial, de que la optimización y el mejoramiento del proceso, parte arte de la implementación de una cadena de logística inversa y de la formalización de todas las actividades asociadas al proceso, así como la eliminación de las actividades informales (no cerrando las

oportunidades a estos agentes, si no educándolos, entrenándolos, fomentándolos y formalizando sus actividades dentro de una operación mayor)

Adicional a esto, en lo posible, los procesos de manera primaria o secundaria deben mejorar a nivel energético no solo con la reducción en el consumo si no con la implementación de sistemas energéticos sostenibles (aunque esto aporta una problemática adicional a nivel nacional) y la financiación de nuevas tecnologías (aunque para ello si se cuenta con programas de fomento del gobierno central y local).

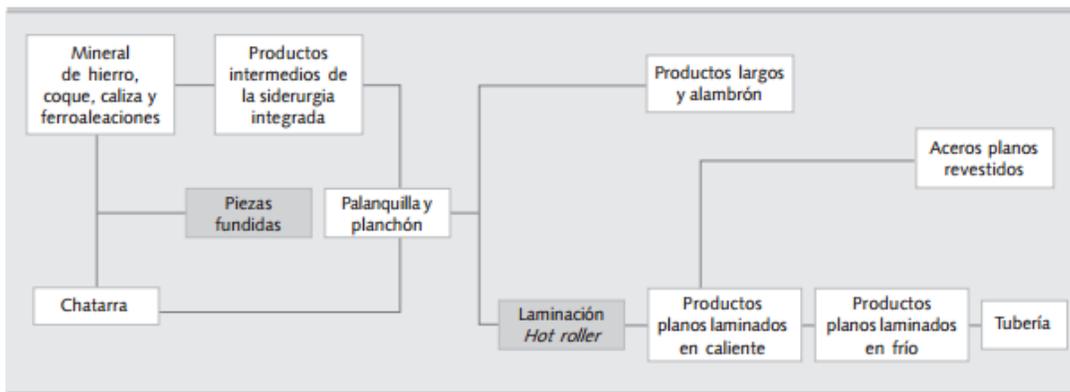
La implementación de un modelo de logística inversa es la mejor manera de lograrlo con las metas primarias de eficiencia y de reducción de costo, pero como se dijo anteriormente se requiere superar el obstáculo de las tendencias tradicionales y desorganizadas de aplicar el proceso. Por otro lado el proceso presenta una variable suelta que es la recolección de los desechos ferrosos domiciliarios para el reproceso de los mismos, este es un elemento ampliamente mejorable y que aún no tiene una situación más que la recolección informal, la tercerización o el desecho de los mismos, y es en este punto donde surge quizás un último obstáculo, realmente significativo para la implementación de la logística inversa en este sector productivo. Los procesos tercerizados o que hacen parte de la economía informal deben regularse o el sistema no podrá tener un feed-back eficiente y el desconocimiento de la importancia cuantitativa de las variables dentro del marco del proceso hará imposible e inútil mostrar una completa relación de costo beneficio del proceso con y sin la logística inversa.

## **CAPÍTULO 2**

# **CADENA DE ABASTECIMIENTO EN EL SECTOR SIDERÚRGICO**

## 10. CADENA DE ABASTECIMIENTO EN EL SECTOR SIDERÚRGICO

En la actualidad el sector siderúrgico nacional cuenta con dos principales compañías de gran escala y un sin número de pequeñas y medianas compañías y establecimientos dedicadas a la elaboración de productos particulares, aleaciones especiales, pequeños lotes de producción y maquinaria y repuestos en general. De manera simplificada la cadena de producción siderúrgica



(Republica de Colombia, 2014)

Como se puede ver a nivel de abastecimiento los procesos requieren que el proceso se mantenga alimentado permanentemente, aun así de manera análoga la naturaleza del material permite mantener niveles de stock dentro del esquema FILO (first in last out. Por sus siglas en inglés) o primero en entrar último en salir.

Dentro de los movimientos dentro de la cadena de abastecimiento que se asocian a este sector están:

- Materias primas a la central siderúrgica
- Material en bruto a los centros de mecanizado
- Centros de mecanizado al cliente

Por fuera de estas tres etapas los movimientos no tienen ningún tipo de trazabilidad en el material y en la disposición final lo que hasta el momento hace imposible un esquema coherente de logística o cadena de abastecimiento cíclica completa.

La manera como la chatarra regresa a los centros de fundición esta por fuera del esquema productivo del acero y se hace a través de terceros o compañías cooperadoras que acopian el material y lo re venden a la central siderúrgica.

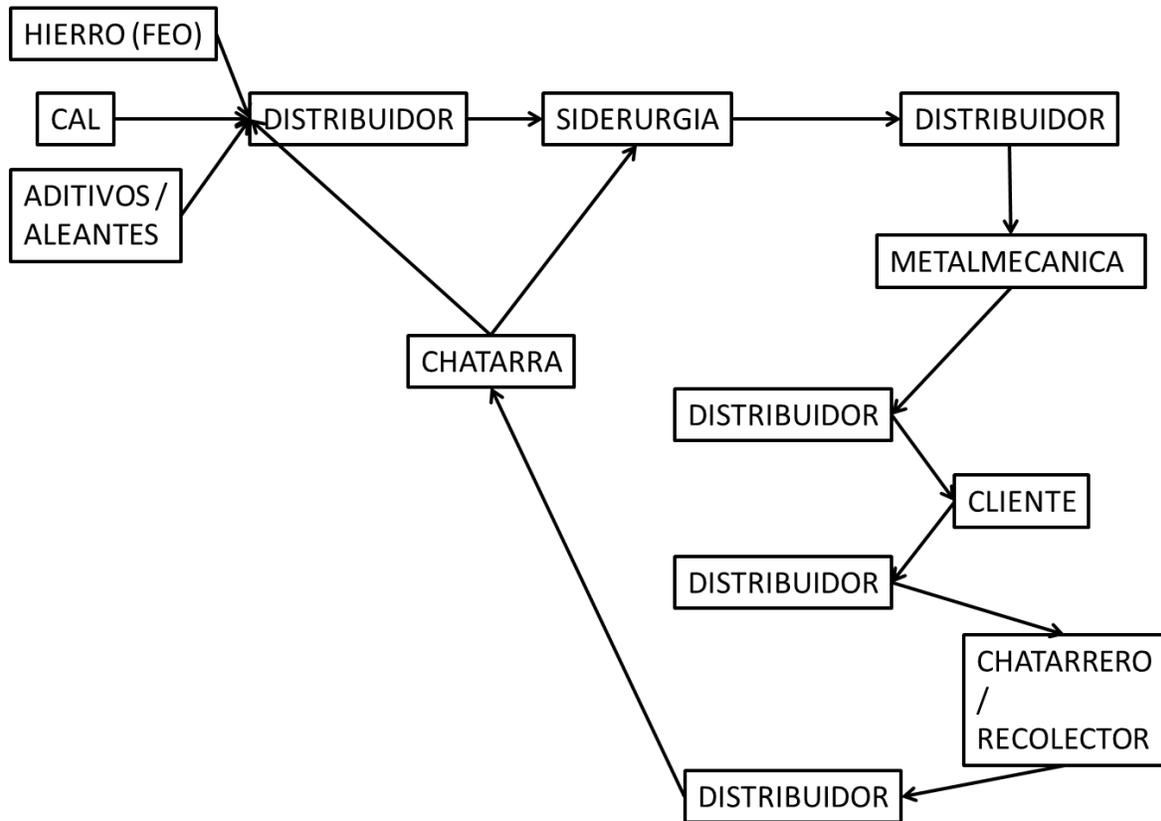
El esquema actual de logística ha funcionado y a nivel general el abastecimiento nacional es suficiente para suplir la demanda aun así puede ser más eficiente, trazable y flexible de forma que se equipare a esquemas más competitivos, reduciendo aún más el índice de importaciones, aumentando las exportaciones y mejorando el profit general del sector.

A nivel informal las pequeñas y medianas así como las siderúrgicas informales no cuentan con un esquema propiamente dicho de cadena de abastecimiento ya que se dedican principalmente a la fundición y refinamiento de chatarra. Que llega a través de la recolección particular en compañías dedicadas al trabajo metalmeccánico.

El sector siderúrgico así como el sector metalmeccánico e incluso el de la construcción se basa en la tarea llevada a cabo por los distribuidores y demás agentes intermediarios que nada tienen que ver con el proceso ultimo pero q si afectan el coste del producto y gracias a esto la cadena de abastecimiento del sector metalmeccánico es mejor suplida por siderurgias internacionales tal como lo es la china (la cual como se mencionó anteriormente genero el dumping del mercado de comienzo de la década).

Si se siguen con esquemas tradicionales de distribución y retroalimentación del sistema productivo a través de agentes libres el mercado va a tender a ser

improductivos en función de la relación costo-volumen-oferta. El esquema q mejor representa este modelo de abastecimiento por ende será el siguiente:



Fuente. Autor.

Como se puede ver y en correlación con el diagrama anterior en el cual solo se ve la producción y el proceso como tal, la totalidad de la cadena de abastecimiento está plagada por agentes libres o no integrados directamente al sistema que manejan sus relaciones comerciales de manera unidireccional y que sin lugar a duda afectaran los costes del producto en sí así como de la producción en general.

La mejor manera de reducir la cantidad de agentes libres dentro del sistema será por ende re plantear un esquema de la cadena de abastecimiento en la cual el

producto sea trazable en el tiempo así como los intermediarios si es que no se eliminan del todo y la interacción del comercio del acero y el hierro se hace directamente entre los centros de metalmecánica desde centros de acopio q no funcionarían como distribuidores si no como sucursales de la industria y q a su vez podrían recolectar producto sobrante y/o chatarra para su reciclaje (cosa q no hacen los comerciantes en la actualidad).

## **CAPÍTULO 3**

# **MODELO ACTUAL DE LOGÍSTICA INVERSA EN COLOMBIA ASOCIADA AL SECTOR PRODUCTIVO.**

## **11. MODELO ACTUAL DE LOGÍSTICA INVERSA EN COLOMBIA ASOCIADO AL SECTOR PRODUCTIVO.**

El modelo de logística inversa que se pretende diseñar, dentro de un entorno operativo idealizado de lo que se entiende como proceso siderúrgico (se asume el proceso siderúrgico, metalmecánico y reciclaje) que representa los intereses particulares a nivel ambiental, técnico/tecnológico, operativo y económico para el proceso. Adicionalmente se enfoca en responder y avanzar los interrogantes y obstáculos asociados a la posible implementación de este sistema, así como la eliminación de cualquier agente informal o no controlado y/o asociado directamente al proceso.

Para avanzar dentro del desarrollo de la explicación del modelo, se va a abordar desde el entendimiento propio del supuesto modelo logístico inverso estándar utilizado en Colombia y sus elementos constituyentes. Para concluir en la integración propia del modelo aplicable al caso siderúrgico Colombiano eficiente

Antes de hablar de la logística inversa es necesario entender que actualmente la nación cuenta con un proceso logístico directo tradicionalmente usado por naciones, ciudades y modelos económicos con capacidad productiva del acero. En este sentido la cadena logística directa va del productor del acero al comercializador, el centro de mecanizado, el cliente, desecho y luego a través de diversos medios regresa al origen a través de actores fortuitos y que pueden ser de carácter formal o informal, pero esto se verá en mayor detalle más adelante. Este esquema es funcional, ampliamente difundido pero no necesariamente eficiente y mucho menos infalible, lo que hace necesario fortalecerlo, en este caso desde una perspectiva desde una perspectiva organizacional.

Para dicho propósito a logística inversa es una técnica organizacional que se puede convertir en una herramienta útil y fundamental a la hora de desarrollar modelos organizacionales y de flujo dentro de una organización en función del

ahorro (a todo nivel, energético, materias primas, insumos, etc.) Y de la optimización.

La logística inversa es poco difundida y se tiende a asociar con soluciones particulares de ahorro, pero para que se considere como tal, un modelo completo, se requiere de la implementación que se amalgame con los canales directos de logística y las variables asociadas al sistema se puedan controlar y conocer en todo momento.

Para ello entonces se pueden mencionar los siguientes ítems en particular:

### **11.1. Importancia de la Logística Inversa**

Como se mencionó anteriormente, la logística inversa es una herramienta eficaz y efectiva para desarrollar procesos logísticos y organizacionales más eficientes en función del ahorro y el aseguramiento de la calidad, y en el caso puntual de los procesos siderúrgicos, en la estandarización del producto terminado, la homogenización del proceso, el cuidado ambiental y el establecimiento de un sistema competitivo de precios y de ganancia.

### **11.2. Aplicabilidad**

Esta metodología de logística inversa es aplicable a cualquier proceso productivo o sector económico, solo se requiere identificar los agentes, cubrir las variables y controlar el flujo de bienes y/o servicios.

Para este caso se deberá entender por ende la posición y papel que juega cada uno de los proveedores del proceso como tal que se entenderán como eslabones abiertos.

También se deben tener en cuenta, los roles y funciones de cada uno de los agentes dentro del proceso de fundición, conformado, mecanizado y reciclado (chatarrazado / acopio) y como se deben manejar los agentes intermedios que agregan factores y variables que intervienen en el costo del material.

Por ultimo para hacer posible la aplicación de un proceso logístico inverso como tal se requiere de la creación de relaciones bidireccionales entre los agentes anteriormente mencionados y los clientes últimos y formar un proceso cíclico entre la logística directa y la logística inversa.

Como se ha venido mencionando anteriormente, la aplicabilidad así como la concepción de todo un posible modelo de logística inversa, solo ser aplicable si se logra desarrollar mecanismos de control y aseguramiento de la calidad en cada uno de los agentes, proveedores y procesos, así como un eficiente mecanismo de retro alimentación de los clientes últimos.

Otro factor a la hora de analizar la aplicabilidad de un posible modelo de logística inversa sobre un proceso ya sea puntualmente el caso siderúrgico o cualquiera, es limitar el alcance de la cadena y proyectar financieramente la recuperación de la inversión que requiera el modelo inverso de logística, pero el ideal es sin lugar a duda usar los canales directos disponibles para reducir los costos de implementación.

### **11.3. Beneficios de aplicar la logística inversa**

Sin lugar a duda los beneficios directos de aplicar logística inversa es la reducción de los costos operativos, ya sea en materias primas, energías, suministros y tiempos de producción.

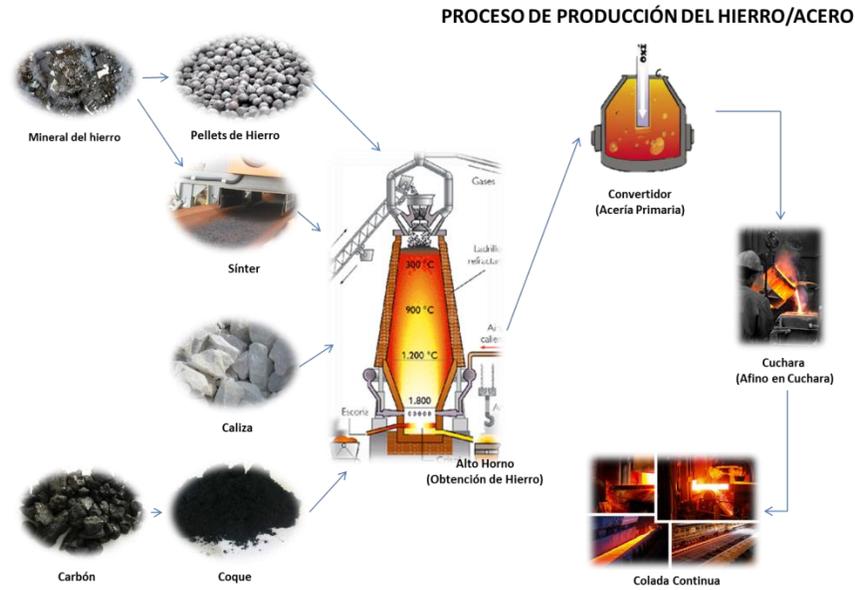
Como beneficios indirectos, se verá un mayor control en el proceso, en las variables del mismo, en el aseguramiento de los estándares de calidad y por ende en la calidad y estándar del producto terminado.

#### **11.4. Obstáculos y posibles soluciones para la logística inversa**

Como se mencionó en el capítulo anterior, los principales obstáculos a la hora de aplicar el modelo logístico inverso en el sector siderúrgico, parten de los entornos técnico, tecnológico, económico y político / legal y se resuelven a través de la creación de esquemas controlados, acabando con vectores informales, así como la ruptura de esquemas tradicionales. Pero sin lugar a duda por encima de los estudios técnicos la única manera de mostrar la eficacia y eficiencia de la aplicación del modelo logístico, será la relación beneficio costo y tasa de retorno en función de los materiales e insumos pero más importante en términos de la energía, ya que siempre será más fácil reciclar un metal previamente procesado, a procesar mineral en bruto, lo cual hace idóneo a este proceso productivo para aplicar logística inversa y superar contablemente los obstáculos conceptuales y de aplicabilidad que se presentan.

#### **11.5. Diagrama de procesos**

El diagrama original del proceso siderúrgico es el visto anteriormente en el marco teórico y desde el cual se maneja todo el planteamiento:



Este es el esquema tradicional bajo el cual se estructura el entendimiento formal del proceso siderúrgico. Sin embargo como se puede ver no se integran a los distribuidores, centros de mecanizado ni centros de acopio en su concepción formal; aun así para la esquematización de los eslabones de la cadena logística actual serán tomados en cuenta, como agentes terciarios al proceso.

Los eslabones por ende serán:

ESLABÓN	ETAPAS	AGENTES
1	Materias primas – Horno	Se incluyen en este eslabón los agentes mineros que aportan materias primas al proceso (caliza, coque, mineral de hierro, etc.) así como los chatarreros que llevan su chatarra a los hornos.
2	Horno – Convertidor	Este es un proceso interno de la siderurgia, pero participan otros agentes externos que compran escoria y otros desechos para otros procesos.
3	Convertidor – Cuchara	Así como la etapa anterior este es un proceso interno, a diferencia del anterior, no intervienen agentes externos.
4	Cuchara – Colada	Este es el último proceso interno propiamente dicho de la siderurgia y así como en el eslabón anterior no participan agentes externos
5	Colada – Mecanizado	El eslabón que conforma la etapa de colada, junto con la de mecanizado cuenta con la siderurgia, los centros de mecanizado y los distribuidores como agentes, adicional a estos se puede mencionar a unos agentes terciarios que hacen parte del proceso
6	Mecanizado – Cliente	En este eslabón se cuenta con los centros de mecanizado, los clientes y los primeros agentes de reciclaje que son los chatarreros.
7	Cliente – Desecho	En este último eslabón se tienen como agentes a los clientes, los chatarreros y la compañía de recolección de residuos.

Ahora bien, ya que se identificaron los agentes y se tiene una idea de su puesto en la operación se puede hablar en mayor detalle de su participación en el proceso y los roles que tienen.

De esta manera se debe empezar por la materia prima. Las centrales siderúrgicas acopian el material necesario para su operación de proveedores independientes y sin control directo en sus operaciones por parte de la compañía siderúrgica, más que el de revisar que el material recibido cumpla con sus especificaciones y solo tienen como parámetro de satisfacción el costo de dicho material en bruto.

Este primer agente forma un eslabón que de antemano define el costo final del acero o hierro terminado no solo por el costo per se del producto, sino porque el tipo de producto a utilizar como materia prima define la cantidad de energía y coque que requiere para su procesamiento, un kilo de chatarra requiere menor energía que un kilo de mineral de hierro para su fundición. La relación energética por ende será, para fundir una tonelada métrica de chatarra se necesitan 440 KWh por tonelada métrica mientras que para fundir la misma cantidad de materia prima en bruto se requiere de 1840 KWh. Entre mayor cantidad de chatarra se mezcle al mineral en bruto menos energía requerirá. Por ende de ante mano se puede decir que entre mayor cantidad de chatarra se recupere será más energéticamente eficiente y rentable el proceso (Bowman & Lefrank, 1998).

El segundo eslabón será el convertidor en donde se recuperan todas las impurezas presentes en el acero fundido, estas impurezas se venden a compañías encargadas de fabricar concreto, asfaltos y ladrillos como parte de su materia prima el resto de residuos de acero fundido que quedan en el convertidor antes de Pasar a la cuchara, así como los que quedan en la cuchara y en el proceso de colada continua se vuelven a poner en el horno primario para su reproceso, lo que equivale a anexar una mayor cantidad de chatarra, que como se vio anteriormente es positivo para el proceso, cabe mencionar que no importa cuanta chatarra se aplique en el proceso ya que los metales se pueden fundir indefinida cantidad de veces, esto no va a deteriorar las capacidades, térmicas, mecánicas y/o estructurales del acero ya que estas propiedades la dan los elementos aleantes en el convertidor.

En el siguiente punto entre la colada y el mecanizado normalmente se incluye una fase de transporte desde la siderurgia, hasta el centro de mecanizado que puede,

o no estar intervenida por un intermediario (comercializador) y este será un punto estratégico de analizar, ya que normalmente los centros de mecanizado no son centros de acopio de chatarra y sus residuos en lugar de regresar directamente a la siderurgia son vendidos a terceros, los cuales lo procesaran o devolverán al horno, pero no se podrá definir una trazabilidad al material. Del centro de mecanizado se pasa el producto terminado al cliente que no aporta nada al proceso pero que si genera desechos reutilizables de acero que así como en la etapa de mecanizado, pasan a terceros o en el peor de los casos terminan gracia a las compañías de aseo del distrito (las cuales carecen de programas coherentes de aseo), convertidas en desecho en sus rellenos sanitarios, esto aparte de destruir el material ya que le termina su ciclo de vida genera un vector de contaminación.

Aunque todo este esquema denota q en la actualidad el sector productivo colombiano de la siderurgia tiene un esquema de logística inversa o de re-abastecimiento por llamarlo de alguna manera, no es más que la múltiple interacción de agentes libres tal y como se mencionó en el capítulo anterior. Aunque es importante q el material residual del proceso siderúrgico y metalmecánico regrese a la planta de fundición no denota un proceso logístico completo y eficiente dentro de la cadena de abastecimiento, todo lo contrario, al tener una gran cantidad de intermediarios los estándares se pierden y el esfuerzo productivo aumento o se tiene que no solo sobre diseñar si no súper diseñar para poder saciar los mínimos de calidad del mercado requeridos para el producto.

De igual manera como se ha venido mencionando, estos agentes se relacionan e interactúan unidireccionalmente y no dan un feed back al proceso anterior o a agentes anteriores, los únicos agentes que pueden hacer esto son los chatarreros, pero estos son agentes libres así como se mencionó anteriormente y le quitan trazabilidad al proceso y como se dijo en primera instancia son de carácter informal y deben ser eliminados de dicha posición y re organizados (para evitar problemas sociales) dentro de un modelo más eficiente y controlado. Desafortunadamente los agentes políticos como la administración distrital no

pueden ser tenidos en cuenta ya que las políticas en torno al desarrollo sostenible capitalino y los planes de recolección reciclaje y acopio de materiales no se encuentra estructurado adecuadamente.

### 11.6. Diagrama de procesos ajustado a las necesidades para la implementación de la logística inversa

Después de entender y analizar los agentes mencionados anteriormente se puede entonces determinar que el modelo a implementar no puede tener agentes libres lo que eliminaría de antemano a los chatarreros informales y a las compañías de aseo del distrito. Con esto tomado en cuenta el diagrama ajustado de proceso es: el siguiente:



Como se ve en el nuevo esquema, el cliente se pone dentro del proceso de mecanizado ya que junto con los centros de mecanizado son los únicos agentes que generan desechos propiamente dichos, así como los chatarreros y demás vectores libres de acopio se agrupan al final. Adicional a ello no se cuentan las

compañías recolectoras de desechos ya que no aportaran bajo ninguna circunstancia aparente al proceso de forma positiva.

De otra manera la relación entre agentes y los eslabones se mantienen, solo que ahora se ven jerarquizados en función a su contribución al proceso y a la vida útil del material en lugar a poner el flujo del material mano a mano. Con esta jerarquización y sistematización del sistema se hace posible entender y re diseñar un esquema realmente eficiente que logre suplir las necesidades del mercado y garantice un esquema logístico completo dentro de la cadena de abastecimiento del acero.

# **CAPITULO 4**

## **MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA SUGERIDO**

## **12. MODELO DE LOGÍSTICA INVERSA SUGERIDO.**

Ahora bien ya que se tiene un entendimiento y esquematización general de los agentes y su posición, un modelo logístico inverso funcional que supla las necesidades del mercado bogotano puede partir del siguiente diseño.

### **12.1. Aplicabilidad**

En la industria siderúrgica capitalina y en base al análisis estadístico de las entrevistas realizadas en el sector se pueden ver una serie de factores altamente determinantes. En primer lugar se puede ver que es prácticamente nulo el conocimiento logístico inverso dentro del sector y las compañías siderúrgicas solo compran procesan y venden sin detenerse a analizar el futuro de sus productos o a trazar el origen de sus materias primas (solo en la calidad de la misma). De igual manera los procesos están controlados por alguien con un alto conocimiento organizacional y poco conocimiento técnico o caso contrario, alguien con mucho conocimiento técnico pero no un amplio conocimiento organizacional más que el que la lógica confiere (caso que aunque válido, no siempre es el más eficiente en función del ahorro de recursos y abreviación de procesos). El último de los elementos que se vincula a esta problemática, es el hecho de ver que en muchos de los casos aunque el elemento de ahorro se hace evidente, no es esencial si eso requiere de una inversión inicial costosa, o si no da resultados inmediatos.

Por ende la mejor manera de aplicar un modelo de logística inversa en este sector será la implementación de un modelo aplicable por el director operativo, que incluya elementos organizacionales y técnicos básicos y que de igual manera se limite a optimizar las operaciones conservar un control de proveedores y fomentar la compra de chatarra a los clientes para evitar tercerizar la recolección del material y aumentar inherentemente el costo de la materia prima.

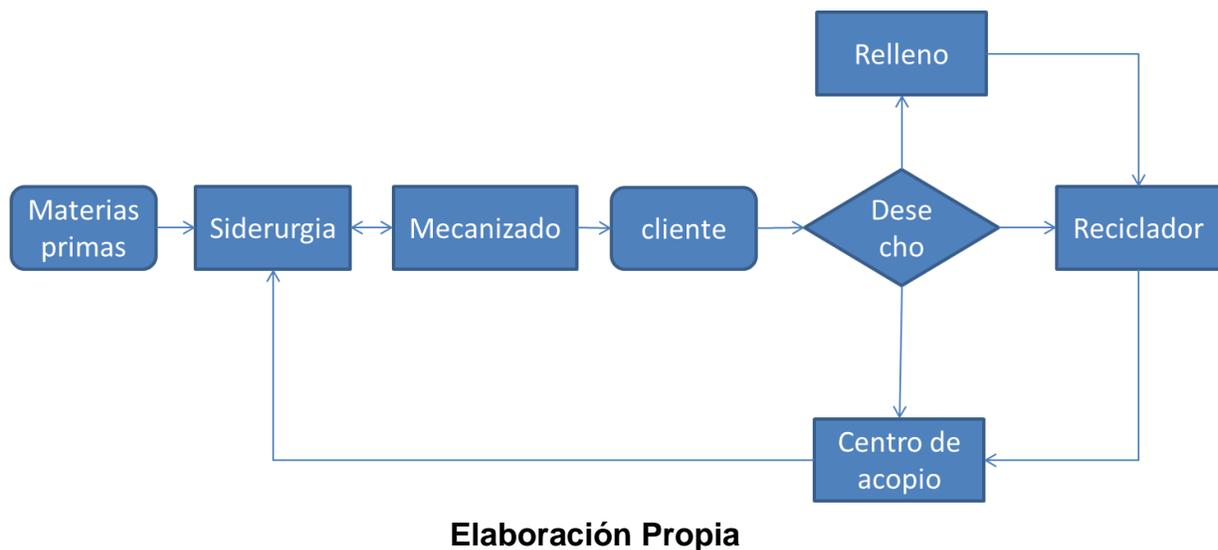
Este plan de acción es aplicable sencillo y los actores encuestados no solo prestan interés en promover un plan que mejore sus niveles de ahorro de recursos sino también por reducir los agentes informales en el sector.

La aplicabilidad de este proyecto parte también desde los programas de reducción de desperdicios sólidos impulsados por la alcaldía anteriormente mencionados (pero de poco impacto real en la ciudad).

El mayor obstáculo a la hora de aplicar el proyecto por ende se sale del entorno económico organizacional o técnico y se concentra en la formulación de una concepción colectiva del sector. Y es por ello que se concibe el siguiente modelo aplicable.

## 12.2. Diagrama de proceso final

El modelo logístico inverso aplicable será por ende el siguiente:



Desde este esquema general el proceso solo se alimentará desde el centro de mecanizado y desde el centro de acopio. El modelo siderúrgico por ende puede alimentarse de centros de acopio existentes que hacen procesos de pre fundición

al igual o pueden implementar sus propios centros de acopio masivos. Esto ofrece dos ventajas significativas. La primera es que la siderúrgica deja de interactuar con una cantidad indefinida de proveedores y puede abrir una fuente de ingresos adicionales al vender sus remanentes de chatarra a siderúrgicas de mayor tamaño y canalizar el mercado a través de ellos, al manejar la mayor parte del mercado puede mejorar la competitividad del valor de la chatarra en función de la reducción de intermediarios y el aumento en el tamaño de existencias de stock. Si este fenómeno sucede de manera inherente disminuirá la cantidad de material en bruto requerido lo que reducirá la actividad minera y por ende el mejoramiento ambiental de las zonas mineras tradicionales.

Otro vector que se elimina del sector es el de la informalidad y se mejora directamente el costo de producción. Los agentes libres no se eliminan para evitar las repercusiones sociales, pero se reorganizan y se limitan entre el cliente el reciclador y el centro de acopio manteniendo así la siderurgia fuera de contexto y con su proceso controlado. Por otro lado si se interactúa directamente con el centro de mecanizado, la acción de retomar sus desechos tumbara el costo de producción del acero en función del ahorro de material y de energía y al mismo tiempo reducirá costos de producción en función de acero más económico que dará como último resultado precios más competitivos a nivel mundial revertiendo los procesos de dumping transnacionales o manteniendo un régimen de ganancias mayor en función con el modelo abierto.

Como se puede ver el modelo no es completamente cerrado y se deja abierto dejando a los clientes y a las materias primas por fuera. Esto se debe a que si se estandariza un modelo funcional la demanda de acero podrá satisfacerse solo con chatarra y por ende esto reducirá el consumo energético del sector.

Bajo este parámetro la inversión en función del esquema productivo será nula ya que más allá de formar compañías agentes e infraestructura, solo se deben establecer acuerdos comerciales, contactos inter corporativos e intracorporativos y los beneficios serán inmediatos. Por otro lado si se requiere contratar a una persona encargada de revisar y controlar el proceso el salario serán pesos en

función de energía reciclada. Si se toma la base de un ahorro de 1400 KW/h por tonelada y una producción mínima de tres toneladas (valor mínimo diario de las compañías). En un solo día de operación se estarían ahorrando idealmente 140 USD (valor estándar del KW/h en Colombia 10 US cents) (Rodríguez, 2013) . Como se puede ver esto dará un ahorro mensual de más tres mil dólares o un ahorro anual de 35mil dólares mínimo se revierte a totalidad el uso de materia prima. Este ahorro se reducirá solo porcentualmente en función de la relación chatarra / materia prima y esto sin ninguna inversión operacional mayor.

Si se aumenta la capacidad, se reduce la compra de material en bruto a Boyacá o el exterior las ganancias porcentuales aumentaran y se pueden implementar operativas más grandes dentro de las cuales la compañía siderúrgica se puede volver recolectora de residuos ferrosos pero esto agrega vectores financieros adicionales.

# **CAPÍTULO 5**

## **CONCLUSIONES**

### 13. CONCLUSIONES

El sector siderúrgico colombiano dentro de su plan de crecimiento y de integración al mercado internacional se postula como uno de los sectores altamente competitivos que puede llegar a afectar directa e indirectamente el 3% de la ocupación laboral nacional así como el 10% de la economía nacional de ser bien administrada y protegida. De igual manera, gracias a la creciente inversión extranjera así como las nuevas políticas de apertura económica. Aun así en este momento el sector no cuenta con un esquema o parámetros logísticos completos de carácter cíclico, es decir la producción se entrega a los intermediarios del mercado y la trazabilidad del proceso termina allí. Adicional a ello los agentes que intervienen en el retorno y cierre de la cadena de abastecimiento son agentes fuera del control logístico directo del proceso y con márgenes de utilidad determinados por la intermediación particular de cada uno más no del precio real del mercado o al interés colectivo del mercado nacional.

Los procesos utilizados en la actualidad se basan en esquemas tradicionales muchas veces anticuados y de implementación artesanal a excepción de algunas compañías de una gran escala de producción o de desarrollo de productos particulares. por ende es necesario que las compañías siderúrgicas nacionales a toda escala sean reguladas y estandarizadas, así como modernizadas e integradas dentro de un esquema de abastecimiento integrado con otras industrias con el fin de alcanzar esquemas de alta eficiencia y competitividad en el mercado internacional. Esto adicionalmente ayudara a prevenir la inversión agresiva extranjera del mercado y proteger la producción local y el desarrollo futuro del sector. De forma indirecta esto aumentara la eficiencia energética y del uso y explotación de las materias primas sin contar con el mejoramiento de las condiciones laborales y agremiaciones asociadas al sector.

La única manera de alcanzar el objetivo de la mejora organizacional del sector en función de las cadenas de abastecimiento así como de establecer una posición sólida en función del comercio internacional del acero es no solo invertir en la mejora técnica y tecnológica del mismo, sino también en regular el sector y administrar un esquema trazable en el tiempo reduciendo las pérdidas y eliminando los vectores que no se pongan a la par del mismo tales como las fundiciones ilegales y de alto impacto.

Por último, el hecho de re-diseñar el esquema productivo del sector siderúrgico abre el camino a otra serie de sectores de la producción nacional que se encuentran en condiciones similares. Y más importante aún es que por el hecho de que un sistema funcione no se debe asumir de que es infalible siempre hay que mantenerse en un proceso de mejora continuo que contribuya al crecimiento económico, mejoramiento de las condiciones sociales asociadas al mismo y enriquecimiento del espectro medioambiental nacional.

## BIBLIOGRAFÍA.

### BIBLIOGRAFÍA PRIMARIA

- (Agosto de 2011). Recuperado el Junio de 2013, de Logística verde: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Logistica-Verde/2604410.html>
- Acería Paz del Rio. (2009). Paz del Rio. Obtenido de <http://www.pazdelrio.com.co/>
- Acevedo, J. A. (2001.). Gestión de la Cadena de Suministro. La Habana: ISPJAE.
- Alcaldía de Bogotá. (1974 de Diciembre de 1974). Decreto 2811 de 1974. Recuperado el Febrero de 2013, de Código Nacional de recursos Naturales renovables y de protección al Medio ambiente: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>
- Alcaldía de Bogotá. (2004). Bogotá Jurídica Digital. Recuperado el Mayo de 2013, de Bogotá humana: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/>
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2011). Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. Bogotá.
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (s.f.). Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. Bogotá.
- Aluna Consultores Limitada. (2011). Estudio nacional del reciclaje y de los recicladores. Bogotá.
- Alvelzo, D. (2000). La Logística Inversa. La Logística Latinoamericana, 20 - 23.
- Anónimo. (2 de Mayo de 2012). Demanda de acero al alza con crecimiento de vivienda y obras. Portafolio.
- Anónimo. (2 de Mayo de 2012). Demanda de acero al alza con crecimiento de vivienda y obras. Portafolio.
- Anónimo. (2003). Los metales Ferrosos y no ferrosos. Recuperado el 01 de Junio de 2013, de <http://www.v33.es/saberlo-todo-sobre.../index.php>
- Anónimo. (2005). sistema de Gestión de Calidad. Iso 9001:2000. Bogota.
- Bowman, J. J., & Lefrank, P. (1998). The making, shaping an treating of steel .
- Bsigroup. (2012). Recuperado el 3 de Junio de 2013, de Iso 14001 Medio ambiente: <http://www.bsigroup.com.mx/es-mx/Auditoria-y-Certificacion/Sistemas-de-Gestion/Normas-y-estandares/ISO-14001/>
- Camacol. (Octubre - Diciembre de 2009). Informe Económico. Obtenido de Acero Ferresa: [http://camacol.co/sites/default/files/secciones\\_internas/EE\\_Coy20091222044525.pdf](http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/EE_Coy20091222044525.pdf)
- Carreto, J. (2009). La gran enciclopedia de la economía. Obtenido de Ventaja Competitiva.
- CECODES. (2002). Recuperado el Septiembre de 2012, de Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo: <http://www.cecodes.org.co/>

- Cerdeira, S. (2004). Del hierro al acero. Obtenido de [http://www.educ.ar/dinamico/UnidadHtml\\_\\_get\\_\\_b51dbeef-c850-11e0-8334-e7f760fda940/index.htm](http://www.educ.ar/dinamico/UnidadHtml__get__b51dbeef-c850-11e0-8334-e7f760fda940/index.htm)
- Ceretti, H. (2004). Del hierro al acero.
- Colombia Incluyente. (2009). Colombia Incluyente.org. Recuperado el 20 de Agosto de 2013, de <http://www.colombiaincluyente.org/verart.php?id=74>
- Congreso de Colombia. (15 de Enero de 1999). Ley 491 de 1999. Recuperado el Mayo de 2013, de [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1999/ley\\_0491\\_1999.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1999/ley_0491_1999.html)
- Congreso de Colombia. (19 de Diciembre de 1973). Ley 23 de 1973. Recuperado el Abril de 2013, de Código de recursos naturales y protección al medio ambiental : [http://www.minambiente.gov.co/documentos/ley\\_0023\\_191273.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/ley_0023_191273.pdf)
- Congreso de Colombia. (30 de Diciembre de 1986). Ley 79 de 1986. Recuperado el Mayo de 2013, de Conservación de agua : <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=305>
- CRUE. (2013). Recuperado el Junio de 2013, de Red de Bibliotecas Universitarias: <http://www.rebiun.org>
- Directorio de la Industria de Construcción. (2009). <http://www.directorioconstruccion.com/>. Obtenido de <http://www.directorioconstruccion.com/>
- E-logistic2012. (2012). Recuperado el 19 de AGOSTO de 2013, de LOGISTICA DIRECTA E INVERSA: <http://e-logistic2012.blogspot.com/>
- Eneko Zarraoa. (2012). Plan de Desarrollo Sectorial del Sector Siderúrgico, Metalmecánico y Astillero. Idom consultig.
- Estructplan on line. (2001). Recuperado el Junio de 2013, de Residuos: <http://www.estrucplan.com.ar/>
- Eumed.net. (s.f.). Recuperado el 5 de Junio de 2013, de Enciclopedia y biblioteca virtual de las ciencias sociales, económicas y jurídicas: <http://www.eumed.net/>
- Gerdau Diaco. (2014). Gerdau Diaco. Obtenido de <http://www.gerdau.com.co/>
- Guías GTP. (11 de Mayo de 2013). Metales y metalurgia.com. Recuperado el 13 de Septiembre de 2013, de La demanda mundial de acero crecerá un 2,9% en 2013: <http://www.metalesymetalurgia.com/?p=345648>
- ILAFA . (2011). Cadena de Valor Siderúrgica Y Metalmecánica en Colombia. Bogotá: Cámara Fedemetal.
- ILAFA. (2010). LA CADENA DE VALOR SIDERÚRGICA Y METALMECÁNICA EN COLOMBIA. Cámara Fedemetal , 10 - 20.
- Kleiner, A. (2001). What does it mean to be green. Harvard Business Review , 37 - 40 .
- Logística Inversa. (Agosto de 2013). Recuperado el Junio de 2013, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Logistica-Verde/2604410.html>
- Marshall, S. L. (2009). globalsecurity.org. Recuperado el Septiembre de 2013, de [http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/usmc/mcdp/4/mcdp4\\_ch2ea.pdf](http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/usmc/mcdp/4/mcdp4_ch2ea.pdf)

- MiniAmbiente. (2013). Ministerio de Ambiente t desarrollo sostenible. Recuperado el Mayo de 2013, de Prosperidad para todos:  
<http://www.minambiente.gov.co/web/index.html>
- Monterroso, E. (2000). El proceso logístico y la gestión de la cadena de abastecimiento.
- Monterroso, L. E. (2000). El proceso logístico y la gestión de la cadena de abastecimiento.
- Montoya, A. (18 de Mayo de 2013). La Nación. Recuperado el Agosto de 21 de 2013, de La noticia independiente: <http://www.lanacion.com.co/index.php/economica/item/218043-en-el-2013-la-economia-colombiana-se-desacelerara>
- Morales, B. B. (2008). La logística reversa o inversa.
- Mulder, K. (2007). Desarrollo sostenible para Ingenieros.
- Nelson Beltrán. (2009). Cadenas de abastecimiento verdes, oportunidades de negocio.
- orea, D. G. (2013). Evaluación del impacto Ambiental. España.
- Oxford University. (2001). Axiomatic Design. Reino Unido: Oxford University Inc.
- Perri Walker, W. H. (1991). Handbook of Metal Etchants. Washington, D.C: CRC Press LLC.
- Pezzano, P. A. (1955). Siderurgia. . Buenos Aires: Alsina Ediciones Buenos Aires.
- Portafolio.co. (4 de Septiembre de 2008). Recuperado el Abril de 2013, de Siderúrgicas traeran su acero a Colombia: [http://www.portafolio.co/detalle\\_archivo/MAM-3079448](http://www.portafolio.co/detalle_archivo/MAM-3079448)
- Portal del medio Ambiente.com. (17 de Diciembre de 2010). Recuperado el Octubre de 2012, de iso 9001 - 2008: <http://www.portalmedioambiente.com/norma-iso-9001-2008-vf13.html>
- República de Colombia Congreso Nacional. (16 de diciembre de 1959). Ley 2 de 1959. Recuperado el Mayo de 2013, de Economía Forestal de la nación y conservación de recursos naturales renovables:  
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=9021>
- República de Colombia. (23 de 01 de 2014). Departamento Nacional de Planeación. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/>
- Rivero, L. M. (s.f.). Eumed.net. Recuperado el 5 de Junio de 2013, de <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2010/lmr/Teoria%20del%20Desarrollo%20Sustentable.htm>
- Rodríguez, H. G. (2013). Precios de la energía eléctrica en Colombia. Medellín: El Colombiano.
- Rosario, U. d. (2010). Diseño del sistema logístico de la cadena de abastecimiento del desperdicio y desecho del vidrio en Colombia.
- Ruiz Mercader, J., Ruiz Santos, C., Martínez León, I., & Peláez Ibarrodo, J. (2009). MODELO PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO ORGANIZACIONAL EN LAS PYMES.
- S. Kalpakijian, S. S. (2008). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Pearson Quinta Edición .
- Sarmiento, M. (11 de Junio de 2013). Justicia Ambiental Colombia. Recuperado el 11 de Junio de 2013, de Invitación conservatorio proyecto oro verde en el choco biogeográfico: <http://justiciaambientalcolombia.org/>
- Schimd, S. (2008). Manufactura, Ingeniería y Tecnología. México: Person Quinta Edición.

- Secretaria del Senado . (2013). Recuperado el Abril de 2013, de Republica de Colombia: <http://www.secretariasenado.gov.co/>
- Sector Metalúrgico. (s.f.). Recuperado el Abril de 2013, de <http://www.sectormetalurgico.com/index.php?ccode=sectormetalurgico>
- Siderurgia. (2003). Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/portals/0/archivos/documentos/dde/sidelurgia.pdf>
- Stock, J. (1972). Developing a Theory of Reverse Logistics. Kansas City.
- Sumpter, B. A. (2005). The role of competition and clustering in population dynamics.
- Toledo, R. d. (2013). Reciclado o reparación de metales y compuestos Metálicos Ferrosos. Recuperado el 21 de Agosto de 2013, de <http://www.slideshare.net/Rossotoledo/reciclado-o-recuperacin-de-metales-y-compuestos-metlicos-ferrosos>
- Unidad de planeación Minero Enérgica. (s.f.). Decreto 2655 de 1988. Recuperado el Abril de 2013, de Código de Minas: <http://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/decreto-2655-de-1988.pdf>
- Universidad Católica de Colombia. (2013). Recuperado el Mayo de 2013, de Plan de desarrollo 2012-2019: <http://www.ucatolica.edu.co/easyWeb/>
- Universidad de la Republica Uruguay. (2013). La cadena de Valor y la ventaja competitiva. Obtenido de <http://www.ccee.edu.uy/>: <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catadprod/material/AO%208%20porter%202.pdf>
- Universidad Católica de Colombia. (s.f.). Tipos de Investigación Según grado de profundidad y Complejidad. Bogotá.
- Universidad de Alicante. (9 de 1 de 2009). Taller Digital. Recuperado el 21 de 08 de 2013, de El Control de Gestión de la empresa. El Cuadro de Mando Integral: <http://blog.eltallerdigital.com/2009/01/el-control-de-gestion-de-la-empresa-el-cuadro-de-mando-integral/>
- Universidad de Antioquia. (2011). La crisis colombiana de finales del siglo XX: ¿Un choque real o financiero? Medellín.
- UNTHA. (2012). Recuperado el Octubre de 2012, de Tecnología fiable para rentabilizar trituración de residuos: <http://www.untha.com/es/trituradoras-industriales/soluciones-para-trituraci-n-de-residuos>