



DISEÑO DE UN MODELO ESTRATÉGICO DE MEDICIÓN QUE INCORPORA LOS
ELEMENTOS CLAVES DE SOSTENIBILIDAD ASOCIADOS A LA GESTIÓN
ORGANIZACIONAL

JENIFER ESTEFANÍA ALARCÓN VILLAMIZAR

Proyecto de grado para optar al título de
Magister en Ingeniería Industrial

Profesor Tutor:
INGENIÉRO CARLOS FÚQUENE RETAMOSO
Director Maestría
Ingeniería Industrial

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTA D.C.

2012

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCION.....	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2.1	Pregunta de Investigación.....	4
3.	OBJETIVOS.....	4
3.1	Objetivo general	4
3.2	Objetivos Específicos.	5
4.	METODOLOGÍA.....	5
4.1.	Selección de Indicadores	5
4.2.	Diseño	6
4.3.	Caso de estudio	6
4.4.	Validación.....	6
5.	DESARROLLO SOSTENIBLE Y SU MEDICIÓN.....	7
5.1.	Concepto del Desarrollo Sostenible.....	7
5.2.	Áreas de la sostenibilidad	8
5.2.1.	Dimensión Económica.....	8
5.2.2	Dimensión Social.	9
5.2.3	Dimensión Ambiental.....	9
5.3.	Sostenibilidad en las empresas	9
5.4.	Modelos y herramientas para la sostenibilidad.....	13
6.	IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES	19
6.1	Indicadores de sostenibilidad.....	19
6.2	Selección de indicadores.	20
6.3.	Indicadores Propuestos	21
6.3.1.	Indicadores económicos propuestos:	22

6.3.2.	Indicadores ambientales propuestos:	22
6.3.3.	Indicadores Sociales propuestos:	22
7.	DISEÑO DEL MODELO DE MEDICION	24
7.1	Calificación de los indicadores.....	25
7.2	Normalización.	26
7.3	Ponderación de los indicadores.....	27
7.3.1	Modelo AHP.....	27
7.3.2.	Jerarquización.....	28
7.4.	Matrices de comparaciones.....	28
7.4.1	Análisis de consistencia.....	31
7.4.2	Cálculo de los pesos de indicadores.....	32
7.5.	Cálculo de los indicadores IE, IA, IS e IGCS.....	33
7.6.	Aplicativo del modelo propuesto.....	34
8.	CASO DE ESTUDIO	35
8.1.	Cálculo del IGCS e indicadores agregados para ARVILL Ltda. en el periodo 2008 a 2011.	36
8.1.1	Interpretación de los resultados.....	37
8.2.	Cálculo del IGCS e indicadores agregados para diferentes compañías del sector siderúrgico y metalmecánico.....	41
8.2.1.	Interpretación de resultados.....	44
9.	VALIDACIÓN DEL MODELO	46
10.	CONCLUSIONES.....	50
	REFERENCIAS	54

FIGURAS

Figura 1.	Procedimiento para la obtención del modelo.	25
-----------	--	----

Figura 2. Esquema de jerarquía genérica para el cálculo del Indicador compuesto de desarrollo sostenible.....	28
Figura 3. Variación de los indicadores IE, IA, IS e IGCS durante los años 2008-2010 de ARVILL LTDA.....	38
Figura 5. Contraste indicadores IE, IA, IS e IG del modelo a. Krajnc & Glavi y del b. modelo propio.	47
Figura 6. Contraste individual de los indicadores IE, IA, IS e IG del modelo Krajnc & Glavi (IG1) y del modelo propio (IG2).	48
Figura 7. Presentación del Aplicativo (primera pantalla).	19
Figura 8. a. Visualización de las Matrices de comparación finales en el aplicativo (pantalla No.2). b. Visualización de los Pesos finales en el aplicativo (pantalla No.3)	19
Figura 9. Visualización del número de años o empresas que desea comparar, en el aplicativo (pantalla No.4).....	20
Figura 10. Visualización de los valores de los indicadores a. económicos, b. ambientales y c. sociales en el aplicativo(pantallas No. 5,6 y 7).....	20
Figura 11. Visualización de la normalización de los valores de los indicadores a. económicos. B. ambientales y c. sociales en el aplicativo. (pantallas No. 8, 9 y 10).	20
Figura 12. Visualización de Resultados Finales de los Indicadores Agregados y el IGCS en el aplicativo, (pantalla 11).	21

TABLAS

Tabla 1. Indicadores con frecuencia entre 4 y 5.	21
Tabla 2. Indicadores Económicos Propuestos.....	22
Tabla 3. Indicadores ambientales propuestos.....	22
Tabla 4. Indicadores Sociales propuestos.	23
Tabla 5. Calificación de indicadores.....	26
Tabla 6. Métodos de Normalización de valores. (Ríos et al, 1989),(Barb,1997).....	26
Tabla 7. Comparación de la escala del proceso analítico jerárquico (Saaty, 1982)	29
Tabla 8. Matriz de comparaciones A1 categoría económica.	30
Tabla 9. Matriz de comparaciones A2 categoría ambiental.	30
Tabla 10. Matriz de comparaciones A3 categoría Social.....	30
Tabla 11. Matriz de comparaciones A4.....	30

Tabla 16. Índice de consistencia aleatorio, tomado de Saaty (1980)	32
Tabla 17. Relación de consistencia de las matrices de comparación A1, A2, A3 y A4.	32
Tabla 12. Pesos Categoría Económica.	33
Tabla 13. Pesos Categoría Ambiental.	33
Tabla 14. Pesos categoría Social.	33
Tabla 15. Indicador Global Compuesto de sostenibilidad (IGCS).....	34
Tabla 18. Normalización indicadores categoría Económica.	36
Tabla 19. Normalización indicadores categoría Ambiental.	36
Tabla 20. Normalización indicadores categoría Social.	36
Tabla 21. Resultado Indicadores agregados.....	37
Tabla 22.Resultado Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad	37
Tabla 23. Resultado obtenidos de la comparación de empresas de los indicadores agregados y el IGCS.	43
Tabla 25. Frecuencia de Indicadores encontrados en BSCS,TSM, BS, GRI e ISO 14031. ..	6
Tabla 26. Factores para hallar el SO ₂ equivalente, (IChemE (2001).	14
Tabla 27. Factores para hallar el CO ₂ equivalente, IChemE (2001).....	14
Tabla 28. Desarrollo de la Comparación de compañías Latinoamericanas.	15
Tabla 29. Resultado obtenidos de la comparación de empresas de los indicadores agregados y el IGCS.	15
Tabla 30. Aplicación del Modelo Krajnc & Glavi en ARVILL Ltda.	17

ANEXOS

Anexo 1. Indicadores de Sostenibilidad de las Herramientas Analizadas.....	A1
Anexo 2. Definición de los Indicadores Propuestos.....	A7
Anexo 3.Las cargas ambientales de las emisiones a aire, cálculo del CO ₂ y SO ₂ equivalente.....	A14
Anexo 4. Comparación de empresas.....	A15
Anexo 5. Aplicación del Modelo Krajnc & Glavi en ARVILL Ltda.....	A16
Anexo 6. Aplicativo del modelo propuesto.....	A18

1. INTRODUCCIÓN

El deterioro del ambiente se ha convertido en un problema importante para la humanidad y a su vez difícil de resolver. Prueba de ello son las altas emisiones de gases invernadero, el calentamiento global y la explotación forestal, entre otros (Iturria, 2003). Desde hace algunas décadas se ha visto la necesidad de lograr un desarrollo sostenible, en 1992 se desarrolló la Cumbre de Río de Janeiro en la que se incorporaron los principios que dieron lugar a proponer la necesidad de llevar a cabo un desarrollo sostenible, llegando a establecer la Declaración sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (Fernández *et al*, 2007).

Uno de los medios para alcanzar las metas del desarrollo sostenible son las iniciativas ambientales como los sistemas de gestión (SGA). Debido a que dichos sistemas están orientados a medir y mejorar el desempeño ambiental de las organizaciones. Entre las empresas que los implementan se han logrado documentar una serie de beneficios económicos, de mercado y de mejora de la imagen de la empresa entre otros. Ejemplo de ello es la empresa 3M que entre 1975 y 1990, ahorró más de 537 millones de dólares al implantar iniciativas medioambientales en su organización; otro ejemplo es el proyecto de demostración del Departamento de Industria y Comercio del Reino Unido (DTI), Project Catalyst, el cual identificó ahorros potenciales de 8,9 millones de libras a partir de 399 medidas de recorte de residuos en 14 grandes y medianas empresas (Damaso, 2006).

Pese a la existencia de los sistemas de gestión ambiental y sus potenciales beneficios, sin embargo parece existir un consenso sobre su baja implementación en las organizaciones, ello debido a una supuesta falta de evidencia, que los beneficios superan los costos de llevar a cabo estas iniciativas (Montabon *et al*, 2007). Figge *et al* (2002a) exponen que una de las principales razones para esta falta de impacto es la no vinculación de sistemas específicos de gestión ambiental o social con el sistema principal de dirección de la compañía. Como resultado de esta ausencia de vinculación se obtiene que la contribución de la gestión ambiental y social a menudo no haya estado directamente relacionada con el éxito económico de la empresa, lo que resulta ser un gran obstáculo para alcanzar mejoras

simultáneas en el desempeño económico, ambiental y social (Figge *et al*, 2001). Cabe resaltar que el manejo ambiental más allá de una ganancia económica es algo necesario, ya que es fundamental el buen manejo de los recursos naturales para reducir los factores ambientales críticos tales como los residuos y la contaminación entre otros. (Melnik *et al*, 2003)

En este proyecto se busca formular un modelo estratégico de medición que incorpore los tres elementos claves de sostenibilidad (ambiental, social y económica) los cuales estén integrados con la gestión organizacional de la compañía. Con dicho modelo se pretende ayudar a las compañías a evaluar su comportamiento en los tres ámbitos de sostenibilidad y con ello poder establecer mejoras para alcanzar los objetivos propuestos en materia de desarrollo sostenible.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La medición del desempeño tiene un papel importante en las organizaciones. Le permite a la organización monitorear y evaluar el cumplimiento de las metas propuestas de una manera completa frente a sus objetivos estratégicos. Para la medición del desempeño organizacional, existen múltiples metodologías que permiten medir y evaluar de forma adecuada los indicadores cuantitativos o cualitativos de desempeño, los cuales ofrecen información respecto a la producción, calidad, estrategia, costos y demás. (Serna, 2001).

Una de las metodologías más difundidas para la medición del desempeño empresarial es el Balance Scorecard, el cual se basa en el supuesto que el uso eficiente de la inversión de capital no es el único factor determinante para obtener ventajas competitivas, debido a que también existen otros factores menos fuertes pero importantes, como el capital intelectual, la creación de conocimientos o la orientación al cliente. (Kaplan & Norton, 1992). Con este cuadro de mando integral se obtiene un conjunto de medidas que otorga a los altos directivos una visión rápida pero completa de la empresa, con ello se logra obtener un control estratégico del funcionamiento empresarial. Este sistema usa cuatro indicadores de evaluación: el desempeño financiero, el conocimiento del cliente, los procesos internos de

negocios y el aprendizaje y crecimiento (Kaplan & Norton, 1992). Algunos beneficios de este tablero de control según el seminario de Balance ScoreCard, Ecuador 2004, son la maximización de la rentabilidad y la creación de valor en el tiempo, la alineación de los empleados hacia la visión de la empresa, la gestión de una imagen clara de las operaciones del negocio, la facilidad de la comunicación y entendimiento de los objetivos de la compañía en todos los niveles de la organización, entre otros.

Existen otros sistemas de medición de desempeño que por medio del uso de software ayudan a la parametrización de diferentes indicadores. Un ejemplo de ellos son los sistemas llamados ERP (Enterprise Resources Planning), los cuales están definidos por Laudon K. y Laudon J en el año 2000, como un sistema de administración de negocios que integra todas las facetas del negocio, incluyendo planeación, manufactura, ventas y finanzas.

A nivel ambiental existen indicadores que han estado asociados a temas de piso de planta y al análisis de ciclo de vida (ACV) de productos. Ejemplo de ello son los indicadores de eco-eficiencia que son herramientas prácticas de apoyo a la gestión del desarrollo productivo y la competitividad en los mercados y los eco-indicadores planteados para el ACV, los cuales miden los efectos sobre el ambiente que lleva la fabricación, distribución, consumo y desecho de un producto determinado (Goedkoop *et al*, 1998).

Para la toma de decisiones empresariales se constituyen sistemas de gestión, cuyo principal objetivo es el dominio eficiente de la escasez. *“Al lado de la escasez económica se constituyen también falencias ambientales y sociales relacionadas con el manejo de la gestión”* (Deegen, 2001). La superación de estas tres falencias es llamada actualmente bajo el nombre de sostenibilidad. Lo problemático en este contexto, es que la mayor parte del tiempo estos tres ítems están aislados, en lugar de ser discutidos en conjunto (Deegen, 2001).

Muestra de ello son los sistemas de gestión ambiental y social que son hoy en día sistemas frecuentemente aislados de la gestión estratégica empresarial, encontrándose como sistemas satélites con respecto a los otros sistemas de gestión. Como consecuencia de ello se obtiene

un no vínculo entre la gestión estratégica y la gestión ambiental y social (Deegen, 2001; Figge *et al*, 2002a). Esta falta de vínculo se establece en un obstáculo para alcanzar mejoras simultáneas del desempeño económico, ambiental y social, obteniendo como resultado que la contribución de la gestión ambiental y social a menudo no haya estado directamente sujeta con el éxito económico de la empresa (Figge *et al*, 2001). Además de ello cabe resaltar que el manejo ambiental más allá de una ganancia económica es algo necesario, es fundamental el buen manejo de los recursos naturales para reducir los factores ambientales críticos tales como los residuos y la contaminación entre otros (Melnik *et al*, 2003).

Con el objetivo de vincular la gestión estratégica de la organización con los elementos claves de sostenibilidad (medioambiental, social y económica), este proyecto busca diseñar un modelo estratégico de medición que permita trabajar en conjunto la gestión ambiental, social y económica, el cual sea un aporte a los sistemas organizacionales ya implantados y sea de gran utilidad para la toma de decisiones de la compañía. A través de dicho modelo se pretende ayudar a las organizaciones a evaluar su comportamiento en los tres ámbitos de sostenibilidad mediante la determinación de un Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad y un indicador para cada uno de los elementos claves de sostenibilidad (económico, ambiental y social), y con ello poder establecer mejoras para alcanzar los objetivos propuestos en materia de desarrollo sostenible. Este modelo incorporará en su diseño indicadores de sostenibilidad que puedan evaluar el nivel de sostenibilidad general de toda clase de compañía.

2.1 Pregunta de Investigación

¿Cómo se puede integrar el modelo de gestión organizacional a los tres pilares de la sostenibilidad?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Diseñar un modelo estratégico de medición que incorpore los elementos claves de sostenibilidad (medioambiental, social y económico) asociados a la gestión organizacional.

3.2. Objetivos específicos

- Establecer los indicadores de sostenibilidad a incorporar en el diseño del modelo de medición de acuerdo con el estado del arte.
- Definir un modelo conceptual para la medición de los elementos claves de sostenibilidad asociados a la gestión organizacional.
- Ajustar el modelo de acuerdo con la información de la compañía (Institución especializada en fundición metalúrgica) en el cual se aplicará el modelo.
- Validar el modelo, para contrastar los resultados obtenidos con otro modelo de gestión probado en el mercado.

4. METODOLOGÍA

Este proyecto se realizó mediante las siguientes cuatro fases: Identificación de los indicadores, diseño del modelo, caso de estudio y validación.

4.1. Selección de Indicadores

En la primera fase se determinaron los indicadores de sostenibilidad a incluir en el modelo. Se estudiaron los sistemas y modelos de gestión existentes, se escogieron los modelos que se basen en indicadores de desempeño tales como ISO14031, Balance ScoreCard y Balance Social Anual, entre otros. Se valoraron los indicadores de sostenibilidad que se han incluido en dichos modelos para conocer las relaciones entre los tipos de indicadores que propone cada herramienta viendo similitudes y diferentes enfoques.

Se realizaron estudios bibliográficos del comportamiento de dichos indicadores observando sus ventajas, desventajas y flexibilidad. Se realizó una tabla con todos los indicadores estudiados y se les asignó un nivel de importancia según las características de estudio anteriormente estudiadas. Se escogieron los indicadores que tuvieron mayor nivel de importancia, además potencial y mejores ventajas para trabajar en conjunto.

4.2. Diseño

En la segunda fase se realizó el diseño del modelo de medición a plantear, de acuerdo con la identificación de los indicadores y la compatibilidad que puedan tener. Se revisaron diferentes modelos de toma de decisiones para evaluar la forma en la cual se puedan integrar dichos indicadores y así poder llegar a concluir el modelo de medición deseado. Se establecieron 3 indicadores individuales relacionados con cada categoría y un último indicador global. Este modelo se diseñó en contexto para compañías colombianas, por ende también se tuvo en cuenta para el diseño características propias del mercado colombiano.

4.3. Caso de estudio

En la tercera fase se aplicó el modelo a una empresa colombiana del sector metalmeccánico. Se realizaron todas las mediciones pertinentes para encontrar el valor de los indicadores propuestos, con el fin de obtener indicadores individuales relacionados con cada categoría y un último indicador global de la compañía. Por último se analizaron los resultados obtenidos de la compañía.

Por otro lado se realizó un aplicativo del modelo, en primer lugar se evaluó cual programa puede ser más útil para implementar dicho modelo (Excel, Visual Basic, Access, Java, etc.), posteriormente con el apoyo del software *Java*, se desarrolló el modelo propuesto.

4.4. Validación

En la cuarta fase se realizó la validación del modelo. Esta se desarrolló por medio de la comparación entre los resultados obtenidos por el modelo diseñado en la tesis y otro modelo de sostenibilidad existente. El modelo escogido para realizar dicho contraste fue el diseñado por Krajnc & Glavi en 2004, dado que este modelo proporciona un indicador global de sostenibilidad, al igual que el modelo diseñado.

5. DESARROLLO SOSTENIBLE Y SU MEDICIÓN

5.1. Concepto del Desarrollo Sostenible

Existen varias definiciones sobre el concepto del desarrollo sostenible, estas aparecen en función del contexto en el que se realice y el momento temporal en que se formule, sin embargo el concepto de sostenibilidad siempre se ha asociado con una amplia gama de actividades humanas relacionadas con el uso de recursos, incluidos los naturales, humanos y financieros (Todorov, 2010).

El concepto de desarrollo sostenible fue iniciado por el Consejo Mundial de Iglesias durante su Asamblea 1975 en Nairobi (Todorov, 2010), seguido por el Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Comisión Brundland publicado en 1987, la Cumbre de las Naciones Unidas en 1992 en Río de Janeiro donde se adoptó la Agenda 21 y se continuó a través de la adopción de los “Objetivos de Desarrollo del Milenio” por la Asamblea general de Naciones Unidas en 2000 y la Cumbre Mundial en Johannesburgo en 2002 (Todorov, 2010; Malkina 2002).

Dando respuesta a la *“problematización de la relación entre naturaleza y sociedad desde la perspectiva de la globalización del ambiente”* (Escobar, 1999), el concepto de desarrollo sostenible ha creado diversos discursos o posiciones llamados por Escobar en 1999, como el culturalista, ecosocialista y liberal.

El discurso culturalista, llamado así por el énfasis en la cultura como principio fundamental en la relación hombre con naturaleza, define que el origen de la crisis ambiental actual se encuentra en la cultura. Su principal interés es rescatar el valor de la naturaleza como ente autónomo, fuente de vida no sólo material sino también espiritual. (Escobar, 1999)

Los ecosocialistas manifiestan que *“la idea que el crecimiento económico es "bueno" para el ambiente no puede ser aceptada, un crecimiento económico generalizado puede agravar, en vez de disminuir la degradación ambiental, aunque la misma riqueza permita destinar*

más recursos a proteger el ambiente contra los efectos causados por ella misma.”
(Martinez ,1992).

El discurso liberal se presenta con en el Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Comisión Bruntland, publicado en 1987 bajo la dirección de Gro Harlem Noruega, llamado Nuestro futuro común, en él se dio la definición más común de desarrollo sostenible como " *aquel que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas*".

Por este mismo camino, las empresas que componen el Club de Excelencia en Sostenibilidad (Club de Excelencia en Sostenibilidad, 2004) lo definen como "*Aquel que sobre la base de un crecimiento económico continuado, contribuye al desarrollo social y al uso adecuado del entorno natural, posibilitando el incremento de valor de las compañías para todas las partes interesadas*".

Malkina en 2002 define que el concepto de desarrollo sostenible fue formulado en respuesta a una creciente conciencia que existen varias relaciones importantes entre la evolución humana y económica, los problemas ambientales globales y locales, el aumento de la población y la pobreza y el cambio de las estructuras políticas. Es por ello que a pesar de las diferentes definiciones y puntos de vista "*el concepto de desarrollo sostenible se ha utilizado principalmente como una guía y objetivo para la formulación de políticas dirigidas a combatir las amenazas del cambio global*". (Malkina, 2002).

5.2. Áreas de la sostenibilidad

5.2.1. Dimensión Económica

La viabilidad económica de la empresa es fundamental para el desarrollo sostenible, ya que genera beneficios, empleo y medios que contribuyen al bienestar social y ambiental en general (Azapagic *et al*, 2000). A nivel económico la compañía se puede evaluar desde dos niveles relevantes el micro y macro económico. Los temas relacionados con el nivel microeconómico están relacionados directamente con el desempeño económico de la empresa, en donde se incluyen las medidas habituales financieras, tales como ventas,

facturación, flujo de caja, beneficios y valor para los accionistas entre otros. Los temas macroeconómicos se refieren al rendimiento corporativo con las consideraciones a nivel nacional e internacional, están relacionados con la contribución de la empresa para el empleo y el PIB (Producto interno Bruto) entre otros. (Azapagic, 2003; GRI, 2000)

5.2.2. Dimensión Social

La dimensión social se refiere a la responsabilidad que la compañía tiene con las comunidades en las que opera, los intereses de los empleados y la sociedad en general con el objetivo de hacer negocios más éticamente (Azapagic, 2003). Estas se pueden agrupar en las siguientes categorías generales (Azapagic *et al*, 2000):

Desarrollo humano y el bienestar (por ejemplo, educación y capacitación, salud y seguridad, capacidad de gestión), la equidad (por ejemplo, salarios y beneficios) y las consideraciones éticas (por ejemplo, los derechos humanos, los valores culturales y la justicia). Al abordar estas categorías, la empresa reconoce el valor del capital humano a través de un ambiente laboral sano y seguro, con oportunidades de desarrollo personal y comunitario.

5.2.3. Dimensión Ambiental

La dimensión medioambiental se refiere a los impactos de una organización sobre la vida y no vida de los sistemas naturales, incluidos los ecosistemas, tierra, aire y agua. El impacto ambiental de la organización está relacionado con los insumos (por ejemplo: materiales, energía, agua) y las salidas (por ejemplo, las emisiones, efluentes, residuos) (GRI, 2000). Además, el rendimiento también está relacionado con la biodiversidad, el respeto del ambiente, el gasto ambiental y el impacto de productos y servicios. (GRI, 2000).

5.3. Sostenibilidad en las empresas

El Informe de “Nuestro futuro común” de la Comisión Bruntland (1987), condujo a numerosas acciones a nivel nacional e internacional, se pidió a los gobiernos, autoridades locales, organizaciones y consumidores definir y adoptar estrategias de desarrollo sostenible. Una de las acciones más notorias fue La Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992. A dicha cumbre asistieron 120 líderes mundiales y representantes de 150 países, en donde se adoptó un plan de acción conocido como Agenda 21, realizado con el objetivo de la consecución de un desarrollo sostenible, en este “*se fija*

una alianza mundial y equitativa para proteger la integridad del sistema ambiental y el desarrollo mundial, teniendo presente la naturaleza interdependiente de la Tierra” (Domenech, 2009). En respuesta a la Agenda 21, varios gobiernos y organizaciones empezaron a desarrollar sus propios planes de acción y a establecer estrategias para alcanzar dicho objetivo, muchos de ellos se concentraron en el desarrollo sostenible de la industria (Azapagic et al, 2000; Kuosmanen, 2009; García 2010).

Según Azapagic 2000 la idea del desarrollo sostenible ha pasado por tres fases: La primera fase, se desarrolló entre los años 1970 hasta mediados de 1980, en ella se optó por la regulación y soluciones con tecnologías de fin de tubo como principal motor para el mejoramiento del desempeño ambiental, dichas opciones eran casi las únicas valoradas por la industria en ese momento. La comprensión que un mejor desempeño ambiental podría mejorar el resultado final del producto y el proceso, marcó el comienzo de la segunda fase la cual se desarrolló a partir de mediados de la década de 1980 hasta la década de 1990. Muchas empresas se dieron cuenta que mediante la prevención de la contaminación y el logro de una producción más limpia por medio de la reducción de los residuos y el uso de los recursos más eficientemente, se obtendrían beneficios no sólo en términos de desempeño ambiental sino también en la reducción de costos (Azapagic, 2003). Esta tendencia continúa en la tercera fase que es la fase actual, en ella se destaca que el desempeño ambiental está empezando a ser integrado en la estrategia comercial y de desarrollo, cada vez más esta estrategia es comunicada externamente a través de informes ambientales tales como el Global Reporting Initiative GRI.

La sostenibilidad es hoy en día generalmente aceptada como uno de los factores clave de éxito en la estrategia de negocio a largo plazo de la empresa, dado que con la globalización de mercados y exigencias externas, una compañía para poder ser rentable, debe ser capaz de manejar el impacto que genera sobre su entorno, ya sea de tipo económico, social, ambiental o asociado al producto o servicio que comercializa. (Kuosmanen, 2009; García 2010).

Un número creciente de empresas en todo el mundo se han involucrado en esfuerzos para integrar la sostenibilidad en sus prácticas de negocios (Azapagic, 2000; Raynard y Forstarter, 2002; Jones, 2003; Petrini et al, 2009; Neto y Froes, 2001; Zadek, 2005; Montabon et al, 2006), lo que indica un cambio hacia la sostenibilidad en las compañías, generando una serie de iniciativas para realizar una gestión más responsable con el ambiente, tales como proyectos de ecología industrial a través del cuidado responsable y la gestión de los productos entre otros (Azapagic, 2000; Montabon et al, 2006). En los últimos años se ha visto un incremento de empresas que han establecido sistemas certificables de gestión ambiental, tales como ISO 14001 y EMAS. Según estadísticas proporcionadas por CEPAL (Comisión Económica para América Latina) en la última década, el número de compañías certificadas en América latina y el Caribe con ISO14001 pasó de 711 en el año 2000 a 5.470 en el año 2008.

En el año 2004 el presidente del W.B.C.S.D, Mr. Björn Stigson, presentó que al ser el sector empresarial un elemento decisivo en el progreso del Desarrollo Sostenible, el modo de gestionar exclusivamente con la comunidad financiera (bancos, accionistas, inversores, etc.) ha sido reemplazado por una amplia cantidad de partes interesadas, con perspectivas más exigentes, ya que incluyen las tres perspectivas de sostenibilidad.

A pesar de la explosión de interés y preocupación por las prácticas sostenibles, su aplicación en las compañías enfrenta serios obstáculos. Hasta ahora, la mayoría de las empresas han mantenido la sostenibilidad separada de las consideraciones de la estrategia empresarial y la evaluación del desempeño, áreas que suelen estar dominadas por los indicadores económicos (Petrini et al, 2009; Salzmann et al, 2005), muchas veces las dimensiones económica, social y ambiental están aisladas, en lugar de ser trabajadas en conjunto (Deegen, 2001, Figge et al, 2002ayb), lo que conlleva a que dichos sistemas de gestión frecuentemente se encuentren separados de los demás sistemas estratégicos de la compañía y por ende estén conectados como sistemas satélite con los otros sistemas de gestión empresarial (Deegen, 2001). Esto genera que los SGA y SGS apoyen en paralelo el sistema de gestión general empresarial, logrando así una menor eficiencia económica y posiblemente también en menor efectividad ecológica. (Deegen, 2001; Schaltegger, 2001).

Como consecuencia se obtiene que dichos sistemas casi nunca se hayan integrado con el sistema general de gestión económica empresarial, lo que crea un no vínculo entre la gestión estratégica y gestión ambiental (Figge et al, 2002a).

Un elemento clave para afrontar dicho problema, parece ser la definición y seguimiento de indicadores que tengan en cuenta las tres dimensiones: social, económico y ambiental y las diversas partes interesadas: empleados, clientes, proveedores, accionistas y miembros de la comunidad. (Petrini et al, 2009; Garcia, 2010; Brennan et al 2011). Además de una definición de los indicadores sociales y ambientales, la forma de cómo pueden funcionar, visualizar y controlar es crucial en términos de valor añadido a la gestión de la sostenibilidad (Petrini et al, 2009). Por otro lado es importante la introducción de nuevos conocimientos y la mejora de la capacidad de innovación mediante la creación de nuevas habilidades y participación en asociaciones con instituciones científicas y tecnológicas (Duarte *et all*, 2007).

Ser sostenible no implica únicamente cumplir con las obligaciones jurídicas, sino ir más allá de su cumplimiento invirtiendo más en el capital humano, el entorno y la relación con las partes interesadas. Es necesaria una innovación que genere una ventaja competitiva, con la cual las empresas obtengan la posibilidad de enfrentar el futuro con garantías de éxito, añadiendo valor para todos los grupos de interés. (Garcia, 2010).

Para poder cuantificar de manera objetiva los impactos económicos, ambientales y sociales en conjunto, es necesario disponer de sistemas que ayuden a la alta dirección a medir y muestren la evolución del comportamiento de la compañía de manera objetiva, permitiendo detectar las posibles áreas de mejora y poner en marcha estrategias para minimizar los problemas detectados.(Singh et al, 2007; Krajnc y Glavić 2005; Petrini et al, 2009; Garcia, 2010; Brennan et al 2011).

5.4. Modelos y herramientas para la sostenibilidad

Existe una serie de herramientas, sistemas, modelos, normas y reportes que evalúan y ayudan al desempeño de la sostenibilidad en las compañías, sin embargo no todas ellos contienen el mismo grado de contenido, prestigio, ámbito y difusión (Fernández *et al*, 2007). Entre los más comunes y mundialmente aceptados se encuentran: los Sistemas y prácticas de Gestión Medioambiental, la Iniciativa de Reportes Globales GRI (por sus siglas del inglés Global Reporting Initiative), la Inversión Socialmente Responsable (I.S.R. ó S.R.I), el Balance Social Anual (B.S., 2002), las normas ISO 14000, ISO14031, el reglamento europeo 761/2001 (EMAS), el Balance ScoreCard Sustentable, el Down Jones Sustainability Index, entre otros.

Las prácticas de gestión ambiental según Montabon *et al* (2007) “*son las técnicas, políticas y procedimientos que utilizan las compañías, las cuales están específicamente dirigidas a supervisar y controlar el impacto de sus operaciones sobre el medio ambiente, el alcance de dichas prácticas puede ser operativo, táctico o estratégico*”. Algunos ejemplos son los Sistemas de Gestión Medio Ambiental (SGA), los cuales permiten asegurar los recursos humanos, técnicos y económicos en aquellas áreas que son más rentables desde el punto de vista económico y ambiental, su principal propósito es reducir los impactos ambientales de una empresa de la forma más económica y eficiente (Schaltegger y Synnestvedt, 2002). Este sistema se apoya en las normas de certificación de gestión ambiental, tales como el Reglamento EMAS (EEC. Council-Regulation, 1993) y la norma ISO 14000.

El reglamento EMAS es una herramienta de gestión, cuya función es evaluar, informar y mejorar el comportamiento de las empresas en el campo ambiental (EEC. Council-Regulation, 1993), este sistema de gestión ambiental es una certificación creada para los sistemas Europeos. Por otro lado, la norma ISO 14001 es de certificación internacional y se basa en los conceptos de mejora continua y de cumplimiento legal, los principales elementos de la norma son la política medioambiental, la planificación, la implementación y operación y la revisión por la dirección (ISO 14001, 1993). Estos sistemas requieren un compromiso explícito para la mejora continua del comportamiento medioambiental, pero

no el uso de los indicadores por si. Sin embargo, tienen presente que los indicadores son de gran importancia en la definición de objetivos medioambientales y para la información ambiental integral de la compañía (Jasch, 1999).

En el mismo camino se encuentra la ISO 14031 la cual es una norma no certificable, diseñada para la evaluación del desempeño ambiental (EDA). Esta norma es una *“herramienta encargada de evaluar el desempeño ambiental de una organización a través de un proceso interno que utiliza indicadores para proporcionar información, comparando el desempeño ambiental pasado y actual con referencia a criterios de desempeño ambiental determinados”*.(NTC-14031).Esta se basa en el modelo de gestión “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar”, en ella se describen dos categorías generales de indicadores: Los indicadores del desempeño ambiental (IDAs) y los indicadores de la condición ambiental (ICAs). La buena implementación de dicha norma conlleva al mejoramiento del desempeño ambiental y a su vez al aumento de la eficacia y eficiencia de la organización a través del establecimiento de programas de mejora. (Jash, 2000)

También se encuentran otros sistemas de gestión tales como la ISO26000, la ISO 9000 y la OHS18000. La ISO 26000 corresponde a una serie de normas internacionales no certificables, relacionadas con el ámbito de Responsabilidad Social. Uno de los objetivos principales es *“fomentar el compromiso voluntario con la Responsabilidad Social y liderar una guía común sobre conceptos, definiciones y métodos de evaluación”* (ISO26000, 2009)

La ISO 9000 corresponde a una serie de normas internacionales relacionadas con el tema de gestión y aseguramiento de la calidad. Estas normas proporcionan la base del cumplimiento del sistema de calidad en una empresa, bajo el establecimiento de documentación y normas de procedimientos que se deben cumplir para cada aspecto del proceso de producción y todos los procedimientos operativos (ISO 9000:2000). *“La ISO9000 no se ocupa de regular o controlar la calidad del producto, por sí mismo, los requisitos de alta documentación pueden servir para identificar las deficiencias en los procesos o controles de calidad que lleva a la implementación de mejoras.”*(Withers et al, 2000).

La OHSAS 18000 son una serie de normas internacionales relacionadas con el tema salud y seguridad en el trabajo. *“Es un sistema que entrega requisitos para implementar un sistema de gestión de salud y seguridad ocupacional, habilitando a una empresa para formular una política y objetivos específicos asociados al tema, considerando requisitos legales e información sobre los riesgos inherentes a su actividad.”*(OHSAS 18001:1999). Las normas OHSAS 18000 han sido diseñadas para ser compatibles con los estándares de gestión ISO 9000 e ISO 14000 y de este modo facilitar la integración de los sistemas de gestión para la calidad, el ambiente, la salud ocupacional y la seguridad en las empresas. (OHSAS 18001:1999).

Por otro lado, se encuentran el Balance Social Anual (B.S, 2002), el cual a diferencia de los SGA, es un demostrativo anual, cualitativo y cuantitativo de las acciones sociales llevadas a cabo por las empresas. Esta herramienta fue desarrollada por el Instituto Brasileño de Análisis Sociales y Económicos (I.B.A.S.E.). Es una herramienta de evaluación, gestión y planificación estratégica empresarial que ayuda a identificar oportunidades para la mejora de los resultados sociales, ambientales y financieros a través de la participación de múltiples partes interesadas. Este modelo incluye 45 indicadores distribuidos en cinco categorías: indicadores sociales internos, indicadores sociales externos, indicadores ambientales, indicadores del cuerpo funcional e informaciones respecto al ejercicio de la ciudadanía empresarial (Fernández et al, 2007). Dicho modelo es bastante completo, solo ha sido extendido y probado en Brasil.

La Inversión Socialmente Responsable (I.S.R. ó S.R.I), es aquella que incorpora consideraciones éticas, sociales o medioambientales, junto a las financieras, en la toma de decisiones de inversión, tanto por la empresa como por los agentes inversores externos. Las estrategias de inversión socialmente responsable se organizan en tres categorías. Selección: Invertir en empresas que se encuentran en ciertos criterios de desempeño social y ambiental. Activismo: Desde el grupo de interés de los accionistas hay que animar a las empresas a mejorar su comportamiento social y medioambiental. Inversión Comunitaria: Invertir en comunidades desabastecidas con acceso limitado a otras fuentes y recursos (Fernández *et al.*, 2007). La principal desventaja del ISR es que no propone indicadores, lo

que conlleva a pensar que no evalúa los requisitos medioambientales ni sociales de una manera directa.

En este mismo camino se encuentra el Global Reporting Initiative (G.R.I). Tiene como objetivo mejorar la calidad, rigor y utilidad de los reportes de sostenibilidad para que alcancen un nivel equivalente al de los reportes financieros. En dichos informes se pretende proporcionar una representación equilibrada y razonable del desempeño de sostenibilidad de una organización, incluyendo los aportes positivos y negativos obtenidos. (Global Reporting Initiative, 200). Esta herramienta es reconocida internacionalmente ya que es bastante completa, se utiliza casi siempre para realizar memorias de sostenibilidad empresarial y con ello informar de manera estandarizada las acciones llevadas a cabo en la empresa durante el año.

Por otro lado se encuentran las Métricas de Sostenibilidad “*The Sustainability Metrics*” la cual es una guía formada por un conjunto de indicadores, con el fin de medir el desempeño de sostenibilidad de una unidad operativa, fue elaborada por el instituto de ingenieros químicos IChemE de Londres en el 2001(IChemE, 2001). The Sustainability Metrics proporciona un sistema de medida que permite determinar el impacto de la actividad industrial. A pesar de ser una herramienta destinada para los procesos químicos, también puede ser adaptada a otras industrias para la determinación de su impacto industrial. (IChemE, 2001). Propone 8 categorías organizadas en tres grupos:

1. Ambiente: Uso de recursos, emisiones efluentes y residuos, y otros.
2. Economía: Beneficio, valor e impuestos, inversiones y otros.
3. Sociales: Centro de trabajo, sociedad y otros.

Cuenta con un total de 49 indicadores cuantitativos distribuidos en las mencionadas categorías, su valor esta dado en unidad de referencia común proporcional al número de empleados y al valor añadido que genera la empresa. Esta metodología genera una valoración de la situación actual de la compañía en los tres ámbitos de sostenibilidad, los

datos proporcionados ayudan al desarrollo de las futuras recomendaciones de mejores prácticas.

Sustainability Balance ScoreCard (Figge *et al*, 2002a) por sus siglas en inglés SBSC, es un modelo basado en el Balance ScoreCard (BSC) deducido por Kaplan y Norton en 1992. Este modelo pretende introducir los aspectos ambientales y sociales en el BSC tradicional. Figge *et al* (2002a) proponen incrementar una perspectiva al modelo tradicional de BSC llamada perspectiva de no mercado, con el fin de evaluar los aspectos ambientales y sociales que no están integrados en el mecanismo del mercado. Obteniendo así cinco perspectivas de evaluación: el desempeño financiero, el conocimiento del cliente, los procesos internos de negocios, el aprendizaje y crecimiento y no mercado.

El SBSC no dicta qué tipo de estrategia se debe elegir, les ayuda a las empresas a avanzar hacia un comportamiento más sostenible. *“A medida que el SBSC se utiliza para traducir una estrategia verbal formulada en términos operacionales, puede ser vista como una herramienta para el control estratégico”*. (Figge *et al*, 2002b). Una de sus principales ventajas es que es una herramienta abierta a todo tipo de estrategias de negocio debido a que *“antes que el SBSC se pueden formular se tiene que llegar a un acuerdo común sobre cuál es la estrategia, no importa si se menciona explícitamente los temas de sostenibilidad o no.”* (Figge *et al*, 2002a). Otra de sus ventajas es que al basarse en el BSC, el cual es un modelo bastante conocido y usado por diferentes compañías, hace que sea de fácil entendimiento y adaptación (Deegen, 2001).

Existen también los índices de responsabilidad social, entre los más importantes se encuentran los Índices Dow Jones de Sostenibilidad (por sus siglas en inglés DJSI) y los Índices FTSE4Good. Los DJSI se establecieron para el seguimiento del rendimiento empresarial, se elaboraron tres índices: el mundial (DJSI World), el europeo (DJSI Stoxx) y el norteamericano (DJSI North America) (Knoepfel, 2000). Estos índices no sólo miden los estados financieros de la compañía, además de ello miden los estados sociales y ambientes, es por ello que no todas las firmas pueden ingresar en él, solo las que cumplen con los requerimientos de sostenibilidad (Knoepfel, 2000). Los DJSI permiten a los inversores

integrar las consideraciones de sostenibilidad a sus carteras y además de ello proporciona una plataforma eficaz para fomentar la participación de las empresas a adoptar las mejores prácticas sostenibles (Dow Jones et al, 1999). Para evaluar los riesgos relativos y las oportunidades para las empresas elegibles de acuerdo a determinados criterios de sostenibilidad, existen criterios generales y específicos de la industria, teniendo un 60% y 40% respectivamente en la evaluación de la empresa. Las fuentes de información para la evaluación de desempeño empresarial corresponden a: cuestionarios en línea, documentación de la empresa, la información a disposición del público, las políticas, informes y contactos directos con una gran variedad de empresas. La información proporcionada se verifica, su calidad y objetividad se aseguran a través de una auditoría externa de los equipos de evaluación. (Dow Jones et al, 1999)

Los índices FTSE4Good fueron lanzados en el 2001 por el grupo FTSE. Estos índices *“han sido diseñados para medir objetivamente el desempeño de las empresas que cumplen con las normas reconocidas a nivel mundial de responsabilidad corporativa”* (www.ftse.com). Para ser incluidos en estos índices, las empresas están obligadas a satisfacer una serie de criterios éticos, que se refieren a tres grandes áreas: el ambiente, las relaciones con los accionistas y actitudes hacia los derechos humanos. Los índices se revisan periódicamente y se actualizan para garantizar que se refleje la evolución en el pensamiento de la responsabilidad corporativa y las tendencias de la inversión socialmente responsable (www.ftse.com). Las compañías que tratan con el tabaco, la energía nuclear y las industrias de armamento son automáticamente excluidas de este índice.

6. IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES

6.1. Indicadores de sostenibilidad

Un indicador es una medida cuantitativa o cualitativa de la condición de un proceso en un momento determinado. Los indicadores tienen como propósito específico proveer información sobre el desempeño de la industria, proporcionando un panorama de la situación de un proceso lo cual ayuda a establecer prioridades, elaborar estrategias adecuadas y poner a prueba la eficacia de esas estrategias (Malkina, 2002).

Los indicadores de sostenibilidad se definen como la información que se utiliza para medir y motivar el progreso hacia las metas sostenibles (Ranganathan, 1998). Dado que el desarrollo sostenible es un concepto multidimensional se requiere de un conjunto de indicadores económicos, sociales y ambientales, que permitan evaluar el desempeño de la organización a través de los múltiples objetivos a analizar (Lamberton, 2005), para así determinar qué direcciones de cambio se deben tomar hacia la sostenibilidad (Azapagic *et al.*, 2000).

Para promover una mejor comprensión de los indicadores, en 1998 el Centro Lowell para la Producción Sostenible de la Universidad de Massachusetts (LCSP, por sus siglas en inglés), identificó cuatro dimensiones claves de un indicador:

“

1. Unidad de medida: Esta es la métrica que se utiliza en el cálculo de un indicador, como por ejemplo: kilos, de toneladas, en dólares, por ciento, horas, etc.
2. Tipo de medición: Absoluta o Ajustada, un indicador puede medir una cantidad total (Por ejemplo, energía total utilizada por año en kWh) o ajustar cantidad (de energía utilizada por unidad de cada producto / servicio año).
3. Período de medición: Es el período de seguimiento y el cálculo de un indicador (por ejemplo, el año fiscal, el calendario año, seis meses, trimestre, mes).
4. Límites: Determina en qué medida una empresa quiere ir en la medición de los indicadores (por ejemplo, el producto línea, instalaciones, proveedores, distribuidores, ciclo de vida de un material o producto).”

6.2. Selección de indicadores

La selección de indicadores, se basó en los modelos, normas, herramientas y reportes desarrollados por otros grupos y organizaciones dedicadas a medir y reportar el grado de sostenibilidad de las organizaciones. Algunos de ellos han sido analizados en el capítulo anterior, dentro del análisis llevado a cabo, se han seleccionado los modelos, normas, herramientas y reportes que satisfacen los siguientes criterios:

- Indicadores cuantitativos de sostenibilidad.
- Mayor difusión y aceptación internacional (por ejemplo el “Global Reporting Initiative”, es el modelo de reporte más extendido a nivel mundial, hasta la fecha más de 3000 informes de las empresas se han publicado en forma voluntaria (www.globalreporting.org)).
- Disponibilidad y accesibilidad para su consulta en detalle.
- Capacidad de poder presentar especial utilidad a la hora de su aplicación a la industria (por ejemplo las métricas de Sostenibilidad “*The Sustainability Metrics*”(IChemE, 2001)).

Se seleccionaron 5 diferentes herramientas, modelos, normas y reportes las cuales cumplen con los criterios anteriormente nombrados, estas son:

- Balance ScoreCard Sustentable (BSCS)
- The Sustainability Metrics (TSM)
- Balance Social Anual (BSA)
- Global Reporting Initiative (GRI)
- ISO 14031

El objetivo es seleccionar un marco de indicadores general, el cual sea un conjunto estándar de indicadores cuantitativos de sostenibilidad los cuales se puedan aplicar en cualquier empresa o institución, estos indicadores deben ser útiles, simples y fáciles de utilizar.

Para ello en primera instancia se realizó un análisis de coincidencia de los indicadores, se ubicaron todos los indicadores de las herramientas escogidas en una matriz donde cada vez que un indicador pertenecía a una herramienta se identificaba con una “X” en la casilla

correspondiente, dicha matriz se encuentra en el ANEXO 1. En algunas ocasiones, la definición de un mismo indicador no era exactamente igual en cuanto al nombre pero al revisar con más detalle se observó que representaban la misma medida por lo que se trato de unificar términos. Tras concluir este análisis de coincidencias, se observo que existe un conjunto de indicadores que se repite en varias de estas herramientas, lo cual lleva a pensar que ese conjunto es importante y es el punto de partida para la definición del marco de indicadores final.

Con las 5 herramientas seleccionadas se obtuvo un total de 185 indicadores, de ellos se evaluaron los indicadores que se repetían de 4 a 5 veces, obteniendo así un grupo más reducido de 16 indicadores. Los cuales se muestran en la Tabla 1.

Indicadores/ Herramientas	BSCS	The Sustainability Metrics	Balance Social Annual	G.R.I	ISO 14031:2000	Frecuencia
valor agregado	X	X	X	X		4
Total de gastos invertidos en Investigación y Desarrollo en relación al ingreso total	X	X	X		X	4
Importe económico dedicado a proyectos y programas sociales en el periodo considerado	X	X	X	X		4
Total de gastos e inversiones ambientales en el periodo considerado	X		X	X	X	4
Consumo total de energía	X	X	X	X	X	5
Consumo total de agua	X	X	X	X	X	5
Cantidad total de residuos	X	X	X	X	X	5
Emisiones totales, directas e indirectas, de gases de efecto invernadero, otros	X	X		X	X	4
El porcentaje total de energía primaria neta procedente de las energías renovables	X	X		X	X	4
Materiales utilizados, por peso o volumen	X	X		X	X	4
Rotación media de empleados	X	X	X	X		4
Número total de empleados	X	X	X	X		4
Promedio de horas de formación al año por empleado.	X		X	X	X	4
Número de quejas y reclamaciones	X	X	X		X	4
Horas de trabajo perdidas como porcentaje del total de horas trabajadas	X	X	X		X	4

Tabla 1. Indicadores con frecuencia entre 4 y 5.

6.3. Indicadores Propuestos

Se propone un marco general con un conjunto relativamente simple, pero completo de indicadores cuantitativos de sostenibilidad, este marco es aplicable en toda la industria, sin embargo, los indicadores más específicos para los distintos sectores tienen que ser incluidos según las preferencias de la compañía.

6.3.1. Indicadores económicos propuestos:

En la Tabla 2 se muestra la propuesta de los 5 indicadores económicos más significativos. La definición, importancia, cálculo, unidad de medida y origen de dichos indicadores se especifica en el ANEXO 2.

Valor Económico Añadido (EVA).
Recursos invertidos en Investigación y Desarrollo en relación al ingreso total. (RI&D)
Recursos invertidos a proyectos y programas sociales en relación al ingreso total. (RSocial)
Recursos invertidos a proyectos y programas ambientales en relación al ingreso total.(RAmbiental)

Tabla 2. Indicadores Económicos Propuestos

Estos indicadores económicos reflejan la actuación financiera de la organización, la cual es fundamental para conocer su base para la sostenibilidad. Se evalúan principalmente los recursos invertidos en investigación y desarrollo y proyectos sociales y ambientales.

6.3.2. Indicadores ambientales propuestos:

En la Tabla 3 se muestra la propuesta de 7 indicadores ambientales resultantes del análisis de coincidencias. La definición, importancia, cálculo, unidad de medida y origen de dichos indicadores se especifica en el ANEXO 2.

Cantidad de energía utilizada por tonelada de producto.(Energía/Tonelada)
Porcentaje de energía proveniente de fuentes renovables. (% Energía R)
Cantidad de agua utilizada por tonelada de producto fabricado.(Agua/T)
Cantidad de residuos generados por tonelada de producto fabricado.(Residuos/T)
Cantidad de emisiones de efecto invernadero generadas por tonelada de producto.(CO2/T)
Cantidad de emisiones de gases ácidos por tonelada de producto.(SO2/T)
Cantidad de materiales utilizados por tonelada de producto.(Material/T)

Tabla 3. Indicadores ambientales propuestos

Estos indicadores ambientales pretenden analizar la contribución de los impactos que una empresa genera o puede generar en el ambiente que le rodea (GRI, 2000). Los aspectos analizados por estos indicadores se organizan en cuatro apartados: energía, consumo de materiales, agua, residuos, emisiones.

6.3.3. Indicadores Sociales propuestos:

En la Tabla 4 se muestra la propuesta de los 5 indicadores sociales más significativos. La definición, importancia, cálculo, unidad de medida y origen de dichos indicadores se especifica en el ANEXO 2.

Número de empleados (# empleados)
Tasa de rotación media de empleados (R media)
Promedio de horas de formación de los empleados (Formación)
Horas de trabajo perdidas como porcentaje del total de horas trabajadas por accidentes laborales o enfermedades como porcentaje del total de horas trabajadas (Ausentismo)
Número de quejas y reclamaciones (# Quejas)

Tabla 4. Indicadores Sociales propuestos.

Estos indicadores reflejan la responsabilidad que la compañía tiene de ser más ética con las comunidades en las que opera, los intereses de los empleados y la sociedad en general.

7. DISEÑO DEL MODELO DE MEDICIÓN

Una vez seleccionado el conjunto general de indicadores cuantitativos de sostenibilidad, es necesario disponer de una herramienta matemática que facilite el tratamiento de dichos indicadores para medir el grado de sostenibilidad de la compañía, evaluando en conjunto los tres pilares de la sostenibilidad, bien sea en diferentes años para observar su comportamiento en este ámbito y realizar un mejoramiento continuo o comparándolo con diferentes compañías del mismo sector en un rango de tiempo determinado.

Para afrontar los retos de la sostenibilidad, es necesario proporcionar un modelo con una buena orientación para la toma de decisiones, por ello es esencial la información integrada sobre el desarrollo sostenible de la compañía, debido a que es complicado evaluar el desempeño de la organización sobre la base de demasiados indicadores (Krajnc *et al*, 2004). El modelo propuesto reduce el número de indicadores mediante la obtención de unos indicadores agregados para cada una de las categorías: ambiental (IA), social (IS) y económico (IE) y por último un Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad (IGCS), el cual servirá como referencia a la compañía para evaluar su comportamiento y evolución a lo largo del tiempo en materia de desarrollo sostenible, permitiendo a la organización reconfigurar su estrategia con el fin de obtener un mejoramiento continuo y además facilitar la comparación en los mismos términos entre compañías.

El procedimiento a realizar para la obtención de dichos indicadores se describe en la Figura 1. Los dos primeros ítems que son la selección del conjunto general de indicadores cuantitativos de sostenibilidad y la agrupación de dichos indicadores en tres categorías: ambiental, social y económico, los cuales se realizaron en el capítulo anterior. Los ítems faltantes: la calificación de los indicadores según el impacto, la normalización, la ponderación de los indicadores y por último la obtención de los indicadores agregados y el indicador (IGCS), se muestran a continuación.



Figura 1. Procedimiento para la obtención del modelo.

7.1. Calificación de los indicadores

Los diferentes indicadores propuestos evalúan el desempeño positivo o negativo de la organización en la perspectiva de sostenibilidad. Los indicadores que se consideran de impacto positivo (I^+) son aquellos que al aumentar su valor contribuyen en el desempeño de su categoría y en su desempeño global de sostenibilidad. Por otro lado los indicadores que se consideran de impacto negativo (I^-) son los que por el contrario, al aumentar su valor no contribuyen en la sostenibilidad de la organización. En la Tabla 5 se muestra la clasificación de los indicadores.

Indicadores Económicos	I+	I-
Valor Económico Añadido (EVA).	X	
Recursos invertidos en Investigación y Desarrollo en relación al ingreso total.	X	
Recursos invertidos a proyectos y programas sociales en relación al ingreso total.	X	
Recursos invertidos a proyectos y programas ambientales en relación al ingreso total.	X	
Indicadores Ambientales	I+	I-

cantidad de energía utilizada por tonelada de producto.		X
Porcentaje de energía proveniente de fuentes renovables.	X	
Cantidad de agua utilizada por tonelada de producto fabricado.		X
Cantidad de residuos generados por tonelada de producto fabricado.		X
Cantidad de emisiones de efecto invernadero generadas por tonelada de producto.		X
Cantidad de emisiones de gases ácidos por tonelada de producto.		X
Cantidad de materiales utilizados por tonelada de producto.		X
Indicadores Sociales	I+	I-
Número de empleados	X	
Tasa de rotación media de empleados		X
Promedio de horas de formación de los empleados	X	
Horas de trabajo perdidas como porcentaje del total de horas trabajadas por accidentes laborales o enfermedades como porcentaje del total de horas trabajadas		X
Número de quejas y reclamaciones		X

Tabla 5. Calificación de indicadores.

7.2. Normalización

Uno de los mayores problemas vistos a la hora de generar un indicador global compuesto es que las diferentes categorías que lo conforman están expresadas en diferentes unidades, lo que genera un conflicto al tratar de compararlas y operarlas aritméticamente entre sí, para resolver este problema es necesario normalizar el valor de los indicadores. A continuación en la Tabla 6, se muestran los métodos más reconocidos en la actualidad para la normalización de valores numéricos en la toma de decisiones (Barba Romero, 1997 y Ríos *et al*, 1989):

Procedimiento	Definición	Intervalo	Conserva la proporcionalidad	Concentración de valores
% del máximo	$v_i = \frac{a_i}{\max a_i}$	[0,1]	Si	Tendencia a la concentración de valores
% del rango	$v_i = \frac{a_i - \min a_i}{\max a_i - \min a_i}$	[0,1]	No	Se adapta a la concentración media de los valores
% del total	$v_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}$	[0,1]	Si	Alta tendencia a la concentración de valores
Vector unitario	$v_i = \frac{a_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2}}$	[0,1]	Si	Alta tendencia a la concentración de valores

Tabla 6. Métodos de Normalización de valores. (Ríos et al, 1989),(Barb,1997).

El método que ha sido seleccionado es el del porcentaje del rango, debido a que este aunque no conserva la proporcionalidad, se adapta a la concentración media de los valores (Barb, 1997). Los indicadores de impacto positivo, se normalizan de la siguiente manera:

$$I^+ = \frac{I_{ij}^+ - \min I_j^+}{\max I_j^+ - \min I_j^+} \quad (1)$$

Los indicadores de impacto negativo, se normalizan efectuando el complemento de la siguiente manera:

$$I^- = 1 - \frac{I_{ij}^- - \min I_j^-}{\max I_j^- - \min I_j^-} \quad (2)$$

En donde i son las filas y j las columnas de la matriz que consigna el valor de todos los indicadores generales propuestos en los diferentes años.

7.3. Ponderación de los indicadores

Para la ponderación de los indicadores se aplicará un método de toma de decisiones multi atributo debido a que se estableció un número de alternativas finito, y el decisor tan sólo debe seleccionar, clasificar u ordenar las diferentes alternativas (Fernández *et al*, 2007; Belver, 2004)). Se encuentran métodos como el Electre, el Promethee, TOSIS, el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) y el Proceso Analítico en Red (Analytic Network Process, ANP) entre otros (Belver, 2004).

En este trabajo se utilizará la metodología AHP o Análisis Jerárquico para las ponderaciones de los indicadores, evaluando la priorización de su impacto en la evaluación de la sostenibilidad global de la empresa. Se seleccionó esta metodología debido a su gran aplicabilidad, robustez y a la facilidad que se genera al comparar por pares los criterios, dado que esto ayuda al decisor a realizar una priorización más cómoda de ellos, que al tener que evaluar muchos criterios al tiempo. Entre otras ventajas se encuentran su flexibilidad técnica, su adecuación a numerosas situaciones reales referidas a la selección multiatributo entre alternativas y su facilidad de uso (García, 2009).

7.3.1. Modelo AHP

El modelo AHP por sus siglas en inglés (Analytic Hierarchy Process) o análisis jerárquico fue propuesto por Tomas L. Saaty en 1980, es una teoría de medición a través de

comparaciones por pares y se basa en los juicios de los expertos para obtener escalas de prioridad (Saaty, 2008).

7.3.2. Jerarquización

Como primer paso se establece la jerarquía básica de la composición de los indicadores que se muestra en la Figura 2, en donde se establece el objetivo, los criterios y las alternativas. Siendo el objetivo el Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad, los criterios los indicadores agregados ambiental, social y económico, los subcriterios los indicadores propuestos para evaluar cada categoría y por último las alternativas los años de evaluación o las compañías que se requieran comparar en términos de sostenibilidad.

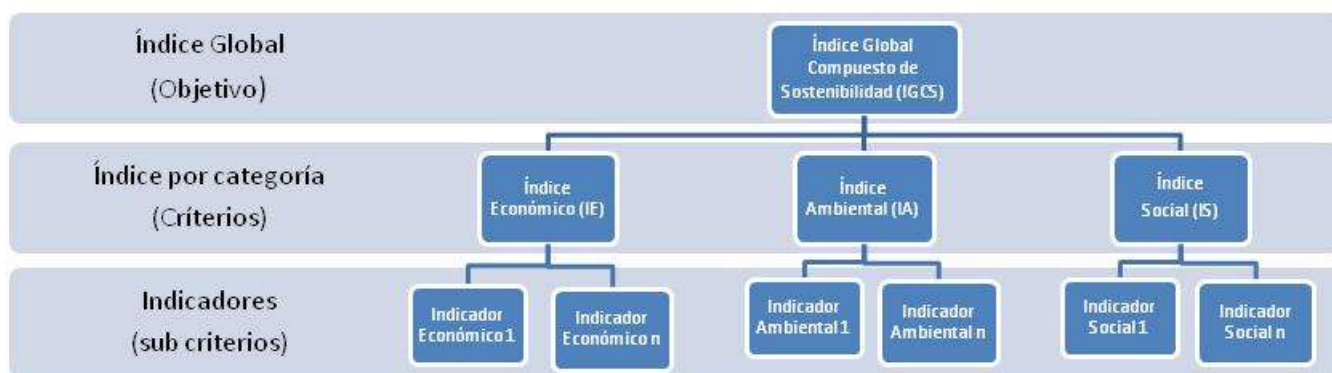


Figura 2. Esquema de jerarquía genérica para el cálculo del Indicador compuesto de desarrollo sostenible.

7.3.3. Matrices de comparaciones

Después de ello es necesario realizar comparaciones entre cada par de indicadores de los subcriterios y criterios, para determinar sus ponderaciones respectivas. Dicho proceso se enuncia a través de la construcción de 4 matrices de comparaciones recíprocas positivas de $(N \times N)$ con “ i ” filas y “ j ” columnas, en donde cada matriz almacena el promedio de las puntuaciones que los decisores realizan mediante la comparación por pares de los indicadores para cada indicador agregado y para el indicador global compuesto (Tablas 8, 9, 10 y 11).

Las comparaciones de los indicadores se realizan al hacer la pregunta a un grupo de conocedores del ámbito de sostenibilidad: Según su consideración, ¿Cuál de los dos indicadores i y j es más relevante o importante de acuerdo a su impacto en la evaluación de la sostenibilidad (Económica, Ambiental y Social) global de la compañía? Cabe aclarar que en la comparación no se está escogiendo un indicador, todos los indicadores propuestos

quedan al final, se está evaluando la importancia relativa de los indicadores. La intensidad de la preferencia se expresa en un factor de escala 1 a 9 (Tabla 7), el valor de 1 indica la igualdad entre los dos indicadores, mientras que, por ejemplo, una preferencia de 5 indica que un indicador es 5 veces la importancia de aquel con el que se está comparando o si por el contrario es 5 veces menos importante el valor será 1/5. En otras palabras se expresa que si el indicador i es " p -veces" la importancia del indicador j , entonces, necesariamente el indicador j es " $1/p$ -veces" la importancia del indicador i . (Saaty, 1982)

Factor de Importancia a_{ij}	Definición de la importancia
1	Igual importancia
3	Importancia moderada de uno sobre otro
5	Fuertemente más importante
7	Muy fuertemente más importante
9	Extremadamente más importante
2, 4, 6, 8	Valores intermedios
recíproco, $1/a_{ij}$	Recíproca para la comparación inversa

Tabla 7. Comparación de la escala del proceso analítico jerárquico (Saaty, 1982)

Se invitó a un grupo de 65 personas colombianas con experiencia en el tema de sostenibilidad, con el fin de completar las 4 matrices de comparaciones. Esta invitación se realizó por medio de correos electrónicos y de manera personal. De las personas contactadas sólo 16 personas respondieron dichas matrices.

Las ponderaciones realizadas con las respuestas de las matrices pueden tener ciertas limitaciones o falencias tales como:

- Cada experto puede tener un sesgo dependiendo su área de interés.
- Calificación de los indicadores puede ser subjetiva.
- Percepción de acuerdo con el contexto de la industria o la ciudad.

Para contrarrestar estas limitaciones las personas que colaboraron con las ponderaciones de los indicadores, son profesionales de diferentes áreas, con visualizaciones distintas de los indicadores agregados, por lo tanto al ponderar se disminuye el sesgo hacia un Indicador específico. Con respecto al contexto, es evaluado para el ámbito Colombiano.

Obtenidas las matrices de comparación de cada conocedor se realizó el promedio de estas, con lo que resultan las siguientes matrices de comparación finales:

i/j	EVA	RI&D	RSocial	Rambiental
EVA	1	½	1/2	1/2
RI&D	2	1	1	1
RSocial	2	1	1	1
Rambiental	2	1	1	1

Tabla 8. Matriz de comparaciones A1 categoría económica.

	Energía/T	% Energía R	Agua/ T	Residuos /T	COe2/T	SO2/T	Materiales /T
Energía/T	1	½	½	1	1	½	1
% Energía R	2	1	1	1/2	1	1	1
Agua/ T	2	1	1	1	1	1	1
Residuos /T	1	2	1	1	1	1	1
COe2/T	1	1	1	1	1	1	1/2
SOe2/T	2	1	1	1	1	1	1/3
Materiales /T	1	1	1	1	2	2	1

Tabla 9. Matriz de comparaciones A2 categoría ambiental.

	#empleados	Rotación	Formación	Ausentismo	#Quejas
#empleados	1	1/3	1/3	1/3	1/3
Rotación	3	1	1	1	1
Formación	3	1	1	1	1
Ausentismo	3	1	1	1	1
#Quejas	3	1	1	1	1

Tabla 10. Matriz de comparaciones A3 categoría Social.

	Económico	Ambiental	Social
Económico	1	1	1
Ambiental	1	1	1
Social	1	1	1

Tabla 11. Matriz de comparaciones A4.

En la matriz de comparaciones A1 (categoría económica), se evidencia que los decisores le otorgaron una importancia levemente mayor a los indicadores (RI&D, RSocial y RAmbiental) con respecto al EVA a la hora de evaluar la organización en el ámbito de sostenibilidad.

En la matriz de comparaciones A2 (categoría ambiental), se evidencia que a la hora de evaluar la organización en el ámbito de sostenibilidad:

- La energía proveniente de fuentes renovables y el consumo de agua total por tonelada de producto son levemente más importantes que la energía total por tonelada de producto.
- Los residuos totales por tonelada de producto son levemente más importantes que el porcentaje de energía renovable.

- El CO₂e y SO₂ por tonelada de producto son levemente más importantes que los materiales por tonelada de producto.

En la matriz de comparaciones A3 (categoría social), se evidencia que a la hora de evaluar la organización en el ámbito de sostenibilidad:

- La Rotación, formación, ausentismo y #quejas son moderadamente más importantes que el número de empleados.
- Se proporciona igual importancia a los indicadores (Rotación, formación, ausentismo y #quejas).

En la matriz A4, se compararon los criterios, en este caso son los indicadores agregados, se evidencia que se les otorgó el mismo peso a dichos indicadores a la hora de evaluar la organización en el ámbito de sostenibilidad.

7.3.4. Análisis de consistencia

Es necesario comprobar la coherencia en los juicios durante la comparación por pares, debido a que es probable que el decisor cometa errores por descuido o juicios exagerados durante dicho proceso (Saaty, 1980). El modelo AHP ofrece un análisis de consistencia determinado por la relación de consistencia (CR).

Como primer paso es necesario hallar el índice de consistencia CI, el cual se calcula de la siguiente expresión:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

En donde λ_{max} es el auto valor máximo y n es la dimensión de la matriz A.

Para encontrar el auto valor máximo λ_{max} se debe determinar el valor máximo de λ de la siguiente expresión:

$$\det[A - \lambda I] = 0 \quad (5)$$

Luego de calcular el CI, se calcula el índice de consistencia aleatorio (RI) el cual “se define como el índice de consistencia aleatorio medio obtenido mediante la simulación de matrices recíprocas generadas aleatoriamente utilizando la escala de Saaty (1/9,

1/8, ..., 1, ..., 8, 9)”(Aguaron *et al*, 2002). En Saaty (1980) se proporciona la siguiente tabla en donde los valores superiores se refieren al rango de la matriz A y los valores inferiores al RI correspondiente:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Tabla 12. Índice de consistencia aleatorio, tomado de Saaty (1980)

Finalmente la relación de consistencia (CR) se define como:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

Si la relación de consistencia es menor de 0,1 se considera como aceptable, de lo contrario se considerará inconsistente y por ende se tiene que volver a evaluar los juicios realizados en la matriz de comparación hasta que la relación sea finalmente inferior a 0,1(Saaty, 1990).

Para este modelo se realizó el análisis de consistencia para las matrices de comparaciones A1, A2, A3 y A4. La relación de consistencia obtenida para las diferentes matrices se muestra a continuación:

Matriz de comparaciones	CI/RI
A1	-0,013
A2	0,0315
A3	-0,007
A4	0

Tabla 13. Relación de consistencia de las matrices de comparación A1, A2, A3 y A4.

Se obtuvo como resultado que la relación de consistencia de las matrices de comparación A1, A2, A3 y A4, es menor a 0,1. Lo que concluye que la consistencia de los juicios de los decisores durante la comparación por pares es aceptable.

7.3.5. Cálculo de los pesos de indicadores

Obtenida la matriz de comparaciones final se procede a calcular los pesos de los diferentes indicadores para obtener los indicadores ambiental, social y económico agregados (IA, IS e IE respectivamente) y finalmente el Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad IGCS.

Para encontrar el vector propio que se refiere a los pesos de los diferentes indicadores, se realizó la normalización de cada columna de la matriz de comparaciones A, dividiendo los

elementos de cada columna por la suma total de esta columna y luego se realizó el promedio de los valores a través de las filas, con lo que resulta el vector de pesos W. (Saaty, 1990).

Los pesos resultantes de los indicadores económicos, ambientales y sociales se muestran a continuación en las Tablas 12,13 y 14:

	EVA	RI&D	RSocial	RAmbiental
IE	0,143	0,286	0,286	0,286

Tabla 14. Pesos Categoría Económica.

	Energía/T	% Energía R	Agua/ T	Residuos /T	COe2/T	SOe2/T	Materiales /T
IA	0,095	0,114	0,166	0,153	0,136	0,119	0,217

Tabla 15. Pesos Categoría Ambiental.

	#empleados	Rotación	Formación	Ausentismo	#Quejas
IS	0,077	0,231	0,231	0,231	0,231

Tabla 16. Pesos categoría Social.

El vector propio de los pesos de la categoría económica confirma lo descrito en el análisis de las matrices de comparaciones, en donde los indicadores de mayor importancia son los recursos invertidos en investigación y desarrollo, proyectos ambientales y sociales en relación al ingreso total respectivamente y por otro lado el indicador de menor importancia es el EVA. En la categoría ambiental el indicador de mayor importancia es la cantidad de materiales por tonelada, mientras que el indicador de menor importancia es la cantidad de energía sobre tonelada. Por último, en la categoría Social el indicador de menor importancia es el número de empleados, mientras que los demás indicadores obtuvieron el mismo peso.

7.4. Cálculo de los indicadores IE, IA, IS e IGCS

Los indicadores agregados resultan de la siguiente ecuación:

$$I_c = \sum_i^n W_i * I \quad (3)$$

$$\text{Donde, } \sum_i^n W_i = 1; W_i \geq 0$$

Donde el I_c es el Indicador agregado de cada categoría (IE, IA, IS), W_i son los pesos correspondientes de los indicadores de cada categoría e I son los indicadores normalizados según su clasificación.

Finalmente, el Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad (IGCS) se calcula de forma similar, en donde se multiplica el vector propio de pesos de cada Indicador agregado IE, IA, IS (Tabla15) por su respectivo valor hallado anteriormente.

	IE	IA	IS
IGCS	0,333	0,333	0,333

Tabla 17. Indicador Global Compuesto de sostenibilidad (IGCS)

La interpretación de los indicadores agregados y el ICGS es que a mayor valor del indicador, mayor ha sido la mejora de la compañía en el ámbito de sostenibilidad. El aumento del IGCS entre periodos se ve reflejado directamente por el aumento de los indicadores agregados IE, IA e IS, es por ello que este modelo evalúa en conjunto estos tres pilares sostenibilidad ya que si alguno falla se ve reflejado en el IGCS. Por otro lado si se están evaluando diferentes compañías, la que obtenga mayor IGCS será la que tiene mejor comportamiento en ámbito de sostenibilidad.

7.5. Aplicativo del modelo propuesto

Se realizó un aplicativo del modelo propuesto con la ayuda del software *Java*. Como parámetros de entrada se deben introducir la cantidad de años o empresas a ser comparadas y el valor correspondiente a cada uno de los indicadores propuestos en el modelo diseñado. Con estos datos la aplicación calcula los indicadores agregados y el Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad. Esta herramienta es bastante amigable y útil ya que ofrece a los tomadores de decisiones el cálculo rápido y confiable de los indicadores IA, IE, IS e IGCS. En el ANEXO 6, se muestra con más detalle la interfaz de esta aplicación.

8. CASO DE ESTUDIO

El modelo propuesto se aplicó en la compañía industria metalmecánica ARVILL Ltda., la cual es una planta de fundición y mecanizado especializada en producir partes y repuestos para la industria de trituración de agregados y ladrilleras. ARVILL Ltda. es una empresa calificada por la ARP con factor de riesgo número 5 debido a la exposición de riesgo físico, por las altas temperaturas que se manejan, el material articulado y por la alta contaminación auditiva. Es importante mencionar que la empresa cumple con la dotación EPP (Elementos de Protección Personal) de acuerdo a los requerimientos de cada puesto de trabajo. Esta compañía posee la capacidad de producción de 1,8 toneladas diarias haciendo uso de un horno eléctrico tipo electrodo para piezas fundidas de hasta de 600 kilogramos.

A todos los materiales de los productos se les realiza un tratamiento térmico adecuado y además son sometidos a un riguroso control de calidad el cual es realizado por inspección en cada puesto de trabajo. También se lleva a cabo un seguimiento a las piezas para garantizar su buen funcionamiento y durabilidad. Para la industria de la trituración por general ofrecen algunos productos tales como: Mandíbulas, Martillos, Barras de choque, Placas laterales y Revestimientos. Por otro lado para la industria de ladrilleras producen principalmente: Caracoles, Embutidores y Cribas.

En los últimos años la compañía ARVILL Ltda. ha estado interesada en ser más sostenible, es por ello el interés de saber cómo ha sido su progreso y además de ello como están con respecto a las demás compañías de su sector.

Los datos de los indicadores propuestos han sido proporcionados por la compañía, estos se muestran en las Tablas 18, 19 y 20 con sus respectivos valores normalizados. Dado que el modelo tiene dos utilidades, bien sea comparando los indicadores en los diferentes años observando su comportamiento en el ámbito de sostenibilidad para realizar un mejoramiento continuo o comparándolos con diferentes compañías del mismo sector para establecer el nivel de sostenibilidad en el que se encuentra, en primer lugar se va a realizar

la comparación de la compañía en los diferentes años (2008- 2011) y posteriormente se realizará la comparación con diferentes compañías del mismo sector en el año 2010.

8.1. Cálculo del IGCS e indicadores agregados para ARVILL Ltda. en el periodo 2008 a 2011.

Para calcular el IGCS y los indicadores agregados IE, IA e IS de la compañía ARVILL Ltda., en primer lugar se deben normalizar los valores de los indicadores que componen cada indicador agregado en los años 2008 a 2011, esto se realiza siguiendo las ecuaciones (1 y 2), de lo que se obtiene:

Indicador	Valor				Valor Normalizado			
	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Valor Económico Añadido (EVA)	129,7	130,8	129,9	127,34	0,68	1	0,74	0
Recursos I & D en relación al ingreso total	1	2	2	5	0	0,25	0,25	1
Recursos Sociales en relación al ingreso total	0,17	0,25	0,25	0,25	0	1	0,97	1
Recursos Ambientales en relación al ingreso total	3,86	6	5	9	0	0	0,22	1

Tabla 18. Normalización indicadores categoría Económica.

Indicador	Valor				Valor Normalizado			
	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Cantidad de energía /T	600	580	560,2	558,52	0	0,48	0,96	1
% energía fuentes renovables	4	4	4	5	0	0	0	1
Cantidad de agua /T	0,59	0,58	0,6	0,53	0,14	0,29	0	1
Cantidad de residuos /T	0,2	0,2	0,18	0,2	0	0	1	0
Cantidad de (CO ₂) /T	0,105	0,101	0,098	0,097	0	0,5	0,88	1
Cantidad de (SO ₂) /T	2,30E-07	2,40E-07	2,50E-07	2,37E-07	1	0,5	0	0,65
Cantidad de materia prima /T	0,59	0,58	0,59	0,57	0	0,5	0	1

Tabla 19. Normalización indicadores categoría Ambiental.

Indicador	Valor				Valor Normalizado			
	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Número de empleados	9	10	10	11	0	0,5	0,5	1
Tasa de rotación media de empleados	3	1	1	2	0	1	1	0,5
Promedio de horas de formación por empleado	10	12	13	15	0	0,4	0,6	1
Horas de trabajo perdidas como porcentaje del total de horas trabajadas	5	7	5	3	0,5	0	0,5	1
Número de quejas y reclamaciones	7	5	6	4	0	0,67	0,33	1

Tabla 20. Normalización indicadores categoría Social.

Ya obtenidos los valores de los indicadores normalizados, se procede a encontrar el valor de cada indicador agregado IE, IA e IS de la compañía ARVILL Ltda. en el tiempo, para ello se sigue la ecuación (3), de la que se obtiene:

$$I_E = 0,143 * EVA + 0,286 * RI\&D + 0,286 * RSocial + 0,286 * RAmbiental \quad (7)$$

$$I_A = 0,095 * \frac{Energia}{Tp} + 0,114 * \%Energia R + 0,166 * \frac{Agua}{Tp} + 0,153 * \frac{Residuos}{Tp} + 0,136 * \frac{COe2}{Tp} + 0,119 * \frac{SOe2}{Tp} + 0,217 * \frac{Materiales}{Tp} \quad (8)$$

$$I_S = 0,077 * \#empleados + 0,231 * Rotación + 0,231 * Formación + 0,231 * Ausentismo + 0,231 * \#Quejas. \quad (9)$$

Reemplazando los valores normalizados de los indicadores en las ecuaciones anteriormente descritas, para la industria metalmecánica ARVILL Ltda. se obtienen los siguientes valores para los indicadores agregados, en los años 2008 a 2011:

Indicador	2008	2009	2010	2011
IE	0,10	0,62	0,52	0,85
IA	0,12	0,40	0,44	0,85
IS	0,12	0,52	0,60	0,88

Tabla 21. Resultado Indicadores agregados.

Por último para encontrar el IGCS de ARVILL Ltda., se realiza la sumatoria de la multiplicación entre el valor de cada indicador agregado por su peso. En este caso el peso de los indicadores agregados es el mismo según el juicio de los conocedores, sin embargo, ello también se evidencia en el concepto de sostenibilidad que por definición se otorga igual importancia a estos tres aspectos, económico, ambiental y social (Todorov, 2010).

Indicador	2008	2009	2010	2011
IGCS	0,11	0,51	0,52	0,86

Tabla 22. Resultado Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad

8.1.1. Interpretación de los resultados

Cuanto más elevado sea el valor del IGCS, mayor es la mejora de la empresa hacia la sostenibilidad. Dado que el IGCS está directamente relacionado con los IA, IE e IS, cuanto más grande sea el promedio de estos indicadores agregados en los diferentes años, el IGCS aumenta. La variación de los indicadores agregados IE, IA e IS y del IGCS durante los años 2008-2011 de ARVILL LTDA se muestra en la Figura 3:

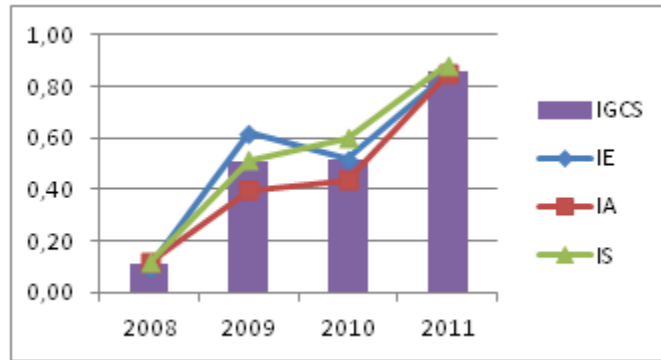


Figura 3. Variación de los indicadores IE, IA, IS e IGCS durante los años 2008-2010 de ARVILL LTDA.

En términos generales se observa que el IGCS de la compañía ARVILL Ltda. aumenta cada año su valor en el intervalo de tiempo 2008 a 2010, lo cual indica que la empresa ha obtenido un crecimiento hacia la mejora de sostenibilidad global en este periodo. Obteniendo en el 2011 el mayor IGCS con un aumento del 66% con respecto al año anterior, por el contrario en el 2008 resulta el menor IGCS. Por otro lado se muestra que del año 2009 al 2010 IGCS incremento en 1,4%, esto debido a que el indicador IE disminuyó y los indicadores IS e IA obtuvieron muy poco incremento.

El aumento elevado del IGCS del 2011 se debe principalmente al traslado obligatorio de la empresa metalmecánica ARVILL Ltda, a las afueras de Bogotá. Esto debido al Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de la alcaldía mayor de Bogotá. El traslado ayudó a que la empresa generara nuevos proyectos y visiones respecto al mejoramiento ambiental continuo, ya que a pesar que cumple con las normativas impuestas por la Secretaria Distrital de Ambiente, la gerencia considera que se debe realizar un trabajo ambiental más allá de las regulaciones.

El cambio de sitio les brindó la oportunidad de construir una planta la cual se adecuara a las necesidades de la compañía y no al contrario, es por ello que realizaron una nueva distribución de planta, eliminaron un puente grúa manual necesario en la planta anterior, el cual transportaba el material de la zona de tratamientos térmicos a la zona de terminados, en la planta nueva colocaron estas dos zonas juntas. Este cambio disminuyó los tiempos de

producción en un 10% y la pérdida de material en un 2%. Además de ello, se construyó una planta más alta, con mayor ventilación e iluminación.

Por otro lado, la compañía en el 2011 también realizó cambios para su mejoramiento en pro de la salud de los trabajadores y el ambiente. Se observa en la Tabla 20 que este año fue en el que más recursos se invirtieron en investigación y desarrollo y proyectos ambientales, invirtiendo respectivamente un 5% y 9% del ingreso total. Entre los proyectos de mejoramientos se encuentran:

- Sistema de extracción de Gases: El sistema logra extraer del predio los flujos de humos y gases generados por el horno en cada colada que se lleva a cabo en la empresa, este sistema cumple con las normas ambientales vigentes (Estudio ambiental realizado por ARVILL Ltda.).
- Sistema para la reducción de desperdicio de gases: Este fue un sistema implementado en el predio y consta de unas válvulas que se emplean para hacer uso del CO₂ necesario. Principalmente evita que sucedan fugas hacia al aire.

Con respecto a las inversiones en investigación y desarrollo, en el año 2011 año se invirtió en el desarrollo de un nuevo horno de inyección que consuma menos energía y genere menos gases al ambiente. Otro proyecto en el cual empezaron a trabajar en ese año es en la implementación de un laboratorio de análisis de materiales, con el objetivo de prestar nuevos servicios y además generar nuevos productos ahorrando de materiales.

Con dichos cambios se observa que en el ámbito ambiental, en el 2011 se redujeron de forma leve a comparación de los otros años: el consumo de energía y agua por tonelada de producto, al igual que la cantidad de CO₂ y SO₂ generado por tonelada de producto y la cantidad de material utilizado por tonelada de producto.

En el ámbito social, en el 2011 se obtuvo un mejoramiento en comparación a los otros años en el número total de empleados, horas de formación por empleado, tasa de ausentismo y la reducción total de quejas y reclamos. En este año fue necesario contratar un conductor que distribuyera el producto terminado a los clientes, además se incrementaron las horas de formación debido a que se realizaron más capacitaciones a los empleados dadas por el

ingeniero y el SENA. Las enfermedades respiratorias debidas al polvo y gases disminuyeron gracias al sistema de extracción de gases y al nuevo sistema de ventilación.

En los años 2009 y 2010 se obtuvo un valor similar en el IGCS, esto debido a que el porcentaje de aumento o disminución de los indicadores es muy poco. En el ámbito económico, en el 2009 se invirtió 20% más que en el año 2010 en proyectos ambientales en relación al ingreso total, este porcentaje de mas se debe a que se realizó un estudio ambiental profundo con una empresa contratista, con el cual se obtuvo un informe en el que se especifican la generación de gases y residuos que otorgaba la empresa. Por otro lado en el 2009 y 2010, se invirtió lo mismo en proyectos sociales (0,25% en relación al ingreso total) debido a que la empresa se vio en la obligación de invertir en la construcción de la nueva planta.

En el ámbito ambiental la compañía se comporta de manera similar en los dos años analizados. Se destaca en el 2010, el más alto consumo de agua por tonelada de producto con respecto a los otros años, consumiendo $0,6 \text{ m}^3 / \text{Tp}$, por otro lado se disminuyeron los residuos (11,11%), la energía (3,5%) y el CO_2 (3,06%) por tonelada de producto en comparación al año 2009. Por otro lado en este año aumento la cantidad de materiales utilizados por tonelada de producto en comparación al 2009.

En el ámbito social en el 2009 se destaca que la tasa de ausentismo en por accidentes laborales es la más alta en comparación a los demás años, aumentando en un porcentaje de 28, 5 con respecto al año anterior, este aumento fue debido a que se hubo un accidente medianamente grave con un empleado. Los demás indicadores tuvieron el mismo valor para estos dos años.

En el año 2008 se observa el IGCS más bajo, dado que según Carime Villamizar gerente de ARVILL Ltda, la compañía no veía en concreto las oportunidades de mejora que podía obtener invertir mayores recursos en el mejoramiento ambiental y social de la compañía. Es el año con los más altos consumos de energía y materiales por tonelada de producto en comparación a los otros años, por ejemplo en este año se consumieron 600 KWh/Tp mientras que en el 2011 se consumió 7,4% menos de energía. Según Ernesto Ardila el

ingeniero metalúrgico de ARVILL Ltda., esta diferencia se debe principalmente a que en ese año y los años anteriores el horno era subutilizado, lo que generaba mayores costos, energía y materiales. Por otro lado en el ámbito social de evidencia que es el año con menor número de empleados, menor número de horas de formación por empleado y mayor tasa de rotación.

Con la medición anual del nivel de sostenibilidad hallado con los indicadores del modelo diseñado, ARVILL Ltda. puede realizar un mejoramiento continuo para los años posteriores. Para ello es necesario realizar con los resultados obtenidos en el periodo actual, la planificación inicial de objetivos para el siguiente periodo, determinando qué modificaciones hay que introducir periodo a periodo, llegando a convertirlos en acciones y metas que mejoren el desempeño sostenible de la compañía.

8.2.Cálculo del IGCS e indicadores agregados para diferentes compañías del sector siderúrgico y metalmecánico.

Según la encuesta anual manufacturera realizada en el año 2007, en Colombia existen 7.257 establecimientos dedicados a la industria, de ellos el 17,16% hacen parte de la industria metalmecánica. Estos establecimientos se encuentran catalogados bajo 13 grupos industriales CIU, destacándose que en sólo 5 de ellos se concentran cerca de 1.000 empresas (Cámara de Comercio, 2007).

El grupo de la industria metalmecánica más importante en cuanto al número de establecimientos, es la fabricación de productos elaborados de metal y actividades de servicios relacionados con el trabajo de metales, el cual concentra 300 establecimientos que representan el 24,1% de las empresas de la industria metalmecánica y el 4,13% del total de los establecimientos industriales. Le siguen en orden de importancia 202 establecimientos dedicados a la Fabricación de maquinaria de uso general y 184 establecimientos de Fabricación de maquinaria de uso especial (Cámara de Comercio, 2007).

Con el fin de establecer cómo se encuentra ARVILL Ltda. en términos de sostenibilidad con respecto a otras compañías del sector, se pretende realizar una comparación entre

empresas dedicadas a la metalurgia, mediante el cálculo del IGCS e indicadores agregados para el año 2010.

Como el modelo de indicadores ha sido desarrollado a partir de diferentes modelos, normas, herramientas y reportes desarrollados por otros grupos y organizaciones dedicadas a medir y reportar el grado de sostenibilidad de las organizaciones. Se trabajará con reportes de sostenibilidad publicados por compañías del sector metalmeccánico, ya que no se dispone de un histórico de datos de las diferentes compañías.

Los reportes de sostenibilidad se determinaron a partir de información disponible en la página web del GRI (database.globalreporting.org) y de CECODES (por sus siglas Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible) (www.cecodes.org.co), también por correo electrónico se solicitó información a la Cámara Fedemetal de la ANDI (Asociación Nacional de empresarios Colombianos). No se identificaron compañías colombianas del sector metalmeccánico que reportan al GRI, ni tampoco que publicaran reportes de sostenibilidad en sus páginas web.

Como parte de este proceso, se realizó una comparación de ARVILL Ltda. con empresas Latinoamericanas del sector metalmeccánico que reportaron al GRI los años 2009 y 2010. Se seleccionaron las empresas que dicho reporte contara con el mayor número de indicadores propuestos en el modelo diseñado.

Se identificaron cinco empresas para realizar la comparación:

- XSTRATA División Sur del Perú (Tintaya): Tintaya es una unidad productora de concentrados y cátodos de cobre. Forma parte de Xstrata Copper desde mayo de 2006 (Xstrata, 2010). Xstrata Copper es el cuarto productor mundial de cobre y uno de los principales productores del mundo de cobre fundido, refinado y reciclado, incluidos los materiales de terceros (www.xstrata.com).
- Vallourece & Mannesmann Tubes, Planta V&M (Brasil): Productora de tubos sin soldadura controlada por el Grupo Vallourec. Este grupo está presente en más de 20

países y la capacidad instalada para producir tres millones de toneladas de tubos al año (V & M do Brasil, 2010).

- Capa Acero Chile (CAP Acero): Es la mayor empresa siderúrgica y la única integrada de Chile. Tiene la capacidad de producir productos planos y largos. Posee más del 55% de participación de mercado en Chile, cubriendo las necesidades de importantes sectores de la economía del país. (CAP Acero, 2010)
- Gerdu Aza (Chile): Empresa perteneciente al Grupo Gerdau, cumplió 57 años en el sector siderúrgico chileno en el año 2010. Produce y abastece barras y perfiles de acero laminado (www.gerdauaza.cl/).
- Votorantim Siderurgia (Brasil): Creada en julio del 2008, esta compañía refleja el crecimiento del mercado siderúrgico en Brasil. Tiene la capacidad de acería de 1 millón de t/año y la laminación de 500 mil t/año. La evolución en los negocios también se registró en operaciones en Argentina y en Colombia (www.votorantim.com.br).

Las compañías XSTRATA División Sur del Perú, Gerdu Aza de Chile y Votorantim planta de siderurgia de Brasil, reportan en el año 2010 información acorde con los indicadores propuestos en la tesis. Por esta razón se realizó, con estas tres compañías, el análisis y cálculo de los indicadores agregados y el Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad. Para la normalización de los indicadores se utilizó la información de todas las compañías en los años 2009 y 2010. En el ANEXO 4, se encuentra el valor de los indicadores de las diferentes compañías, al igual que la normalización y el cálculo de los indicadores.

Los resultados obtenidos son:

Indicador /Empresa	ARVILL LTDA	XSTRATA División Sur del Perú(planta Tintaya)	Gerdu Aza (Chile)	Votorantim (Siderurgia)
IE	0,018	0,247	0,586	0,205
IA	0,772	0,819	0,620	0,815
IS	0,335	0,839	0,700	0,524
IGCS	0,371	0,629	0,629	0,510

Tabla 23. Resultado obtenidos de la comparación de empresas de los indicadores agregados y el IGCS.

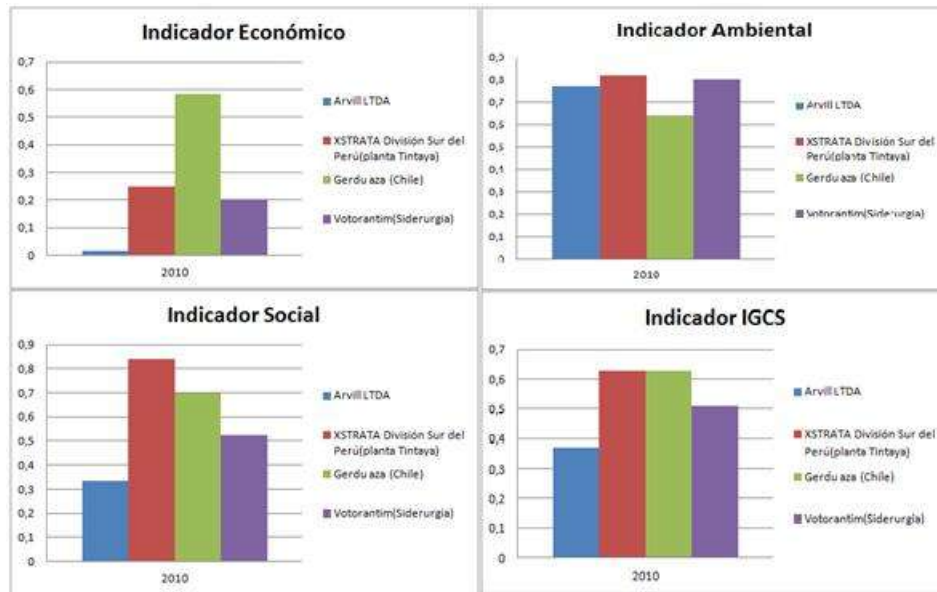


Figura 4. Resultado obtenidos de la comparación de empresas de los indicadores agregados y el IGCS.

8.2.1. Interpretación de resultados

Se observa en la Figura 4, que el valor del Indicador Ambiental resulta bastante cercano entre este grupo de empresas, ARVILL Ltda. se encuentra a una diferencia de 5,7% con Xtrata que es la de mayor valor. Gerdu Aza alcanzó el valor más bajo en esta categoría con una diferencia de 24% con Xtrata, una de las principales causas que generó esta posición, es que en el año 2010 ocurrió un terremoto en Chile, causando daños materiales en la compañía. (Gerdu Aza, 2010).

El valor del Indicador Económico de ARVILL Ltda. estuvo por debajo de las demás compañías, obteniendo una diferencia de 96% con Gerdu Aza que en este caso es la que mayor valor alcanzó. Por otro lado ARVILL Ltda. también consiguió el menor valor del Indicador Social, 60% menor que el obtenido por Xstrata.

En conclusión se observa que ARVILL Ltda. es la compañía que menor IGCS obtuvo con respecto al grupo de empresas Latinoamericanas evaluadas, con un valor de 0.371. A pesar de los esfuerzos que ha realizado ARVILL Ltda, para mejorar su desempeño sostenible, esta se encuentra en un 41% por debajo de las compañías Xstrata División Sur del Perú y Gerdu Aza que son las compañías con mayor IGCS del grupo evaluado.

Con estos resultados se identifica cómo se encuentra ARVILL Ltda. en términos de sostenibilidad, en relación con el grupo de las tres empresas Latinoamericanas evaluadas. Esta comparación contribuye a que la compañía pueda identificar y establecer acciones que permitan incrementar sus niveles de sostenibilidad paulatinamente.

9. VALIDACIÓN DEL MODELO

La validación del modelo se realizó por medio de la comparación entre los resultados obtenidos por el modelo diseñado en la tesis y otro modelo de sostenibilidad existente. El modelo escogido para realizar dicho contraste fue el diseñado por Krajnc & Glavi en 2005, dado que este modelo proporciona un indicador global de sostenibilidad, al igual que el modelo diseñado.

En investigaciones tales como “Validation examples of the Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process” (Whitaker, 2007); “Validating the analytic hierarchy process and the analytic network process with applications having known and measurable outcomes”(Saaty,2003); proponen que una forma de validar una teoría científica es demostrar que los resultados predichos por la teoría dan respuestas correctas, es decir, que coinciden con los resultados conocidos. Los modelos realizados por Análisis Jerárquico o AHP por sus siglas en inglés Analytic Hierarchy Process, pueden ser validados mediante la comparación de estos modelos con alguna medida objetiva externa, se realiza mediante la búsqueda de ejemplos con las medidas en una escala ya conocida, cuando los dos vectores de pesos o prioridades de los criterios de cada modelo en comparación son los mismos o cerca, entonces se puede decir que los resultados del modelo AHP se han validado (Whitaker, 2007). En dichas investigaciones se muestran diferentes ejemplos uno de ellos es riqueza relativa de siete naciones (Estados Unidos, Rusia, China, Francia, Japón, Alemania e Reino Unido) las cuales fueron ponderadas por Saaty y Khouja en 1976, por el simple uso de su conocimiento común sobre el poder relativo y la posición de estos países, obteniendo un vector de prioridades o pesos para cada una de las naciones. Para validar estas prioridades Saaty comparó, los resultados obtenidos por Saaty y Khouja con valores conocidos como por ejemplo el PIB de cada nación, se obtuvieron dos vectores de pesos bastante cercanos que validan el modelo.

El modelo propuesto plantea indicadores generales, mientras que el modelo de Krajnc & Glavi plantea indicadores específicos, para finalmente hallar los indicadores agregados y el indicador global. Los indicadores del modelo propuesto en la tesis se derivan de cinco

modelos, normas y reportes, seleccionados de la revisión bibliográfica realizada, dichos modelos son: GRI, ISO 14031, The Sustainability Metrics, Balance Social Anual y BSCS y la ponderación fue realizada por 16 conocedores del ámbito de sostenibilidad. Por otro lado los indicadores del modelo de Krajnc & Glavi se originan de una compañía y la ponderación es realizada por 7 conocedores.

En el ANEXO 5, se encuentran los indicadores propuestos por el modelo de Krajnc & Glavi, los valores respectivos de ARVILL Ltda. en los años 2008 a 2011, al igual que los pesos de cada indicador y el valor de los indicadores agregados y el Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad.

En la Tabla 23 y la Figura 5, se muestran los valores de los indicadores económico, ambiental, social y global hallados con el modelo de Krajnc & Glavi y el modelo planteado en la tesis.

Indicador	Modelo Krajnc & Glavi				Modelo Planteado			
	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
IE	0,156	0,735	0,361	0,450	0,10	0,62	0,52	0,85
IA	0,176	0,222	0,274	0,315	0,12	0,40	0,44	0,85
IS	0,183	0,193	0,538	0,772	0,12	0,52	0,60	0,88
IG	0,17	0,38	0,39	0,51	0,11	0,51	0,52	0,86

Tabla 24. Valor indicadores IE, IA, IS e IG del modelo Krajnc & Glavi y del modelo planteado en la tesis.

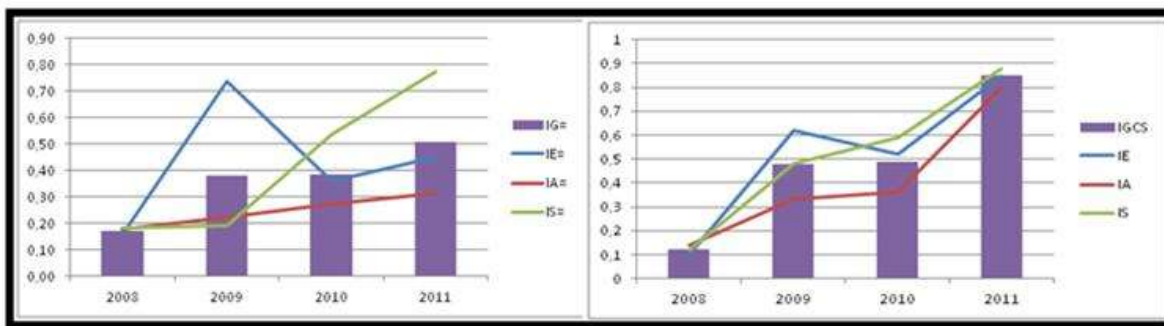


Figura 5. Contraste indicadores IE, IA, IS e IG del modelo a. Krajnc & Glavi y del b. modelo propio.

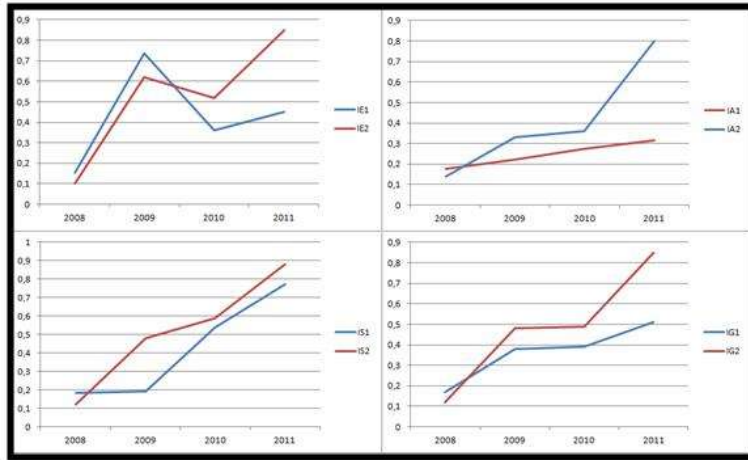


Figura 6. Contraste individual de los indicadores IE, IA, IS e IG del modelo Krajnc & Glavi (IG1) y del modelo propio (IG2).

El Indicador Global muestra que con los dos modelos se llega a la misma conclusión del avance en términos de desarrollo sostenible de ARVILL Ltda. en los años de 2008 a 2011. Obteniendo un menor valor para el IGCS en el año 2008, con una diferencia entre los dos modelos del 5%. Se obtuvieron valores similares en los años 2009 y 2010, teniendo una diferencia entre los dos modelos de 1% respectivamente en cada año. Por último su mayor valor se logró en el 2011, con una diferencia de 0,34 en los dos modelos.

La medición del Indicador Económico para Arvill Ltda. tiene una tendencia de aumento para el periodo comprendido entre los años 2008 a 2009 y 2010 a 2011 y de descendencia entre los años 2009 y 2010 al aplicar los dos modelo. Se observa que con el modelo de Krajnc & Glavi, se obtiene el mayor valor del indicador económico en el año 2009, mientras que en el modelo propuesto se obtiene el mayor valor en el año 2011. Por otro lado el menor valor de este indicador se genera en el 2008 para los dos modelos. La diferencia en los valores de dicho indicador es dada principalmente porque en el modelo propuesto se miden de manera adicional el valor añadido y las inversiones económicas en investigación y desarrollo, proyectos ambientales y sociales, mientras que en el modelo de Krajnc & Glavi, se miden las utilidades, las ventas y los costos que no se miden en el modelo propuesto en la tesis.

La medición del Indicador Ambiental tiene una tendencia de aumento en los dos modelos en el periodo 2008 a 2011. Se observa que en el modelo de Krajnc & Glavi aumenta de

forma lineal con un valor incremental aproximado de 5% cada año. Mientras que en el modelo propuesto tiene mayores incrementos porcentuales como por ejemplo en el periodo de 2008 a 2009 aumenta en 57%, de 2009 a 2010 aumenta en 8% y finalmente se genera un aumento del 55% de 2010 a 2011. Las diferencias evidenciadas entre los valores del Indicador Ambiental de los dos modelos se deben principalmente a que el modelo de Krajnc & Glavi al ser más específico evalúa además del consumo de agua y energía por unidad de producto, el consumo de carbón, gas, combustible, hidrocarburos clorados y evalúa mayor número de indicadores de emisiones que el modelo general propuesto, tales como: NO_x(óxidos de Nitrógeno), COV(compuestos orgánicos volátiles), DQO (Demanda Química de Oxígeno) en las aguas superficiales, metales pesados en las aguas de superficie por unidad de producto.

La medición del Indicador Social tiene una tendencia de aumento en los dos modelos en el periodo 2008 a 2011. Se evidencia que en el modelo propuesto aumenta de mayor forma del año 2008 al 2009 en 75%, a diferencia del otro modelo que aumenta solo en 5%. El menor valor de este indicador se obtiene en el año 2008 para los dos modelos, mientras que el mayor valor se obtiene en el 2011 con una diferencia de 34% entre los dos modelos. Las principales diferencias evidenciadas entre los valores obtenidos del Indicador Social en los dos modelos entre los años 2008 y 2011, se deben principalmente a que el modelo de Krajnc & Glavi evalúa el número de accidentes laborales especificando cuatro indicadores para este propósito, tales como: accidentes de trabajo por cada 200.000 horas trabajadas, accidentes laborales graves (más de 50 días sin laborar), accidentes durante las actividades típicas de la producción, accidentes al caminar o moverse; mientras que en el modelo general solo se tiene un indicador para evaluar la tasa de ausentismo en horas por accidentes laborales: Horas de trabajo perdidas por accidentes laborales o enfermedades como porcentaje del total de horas trabajadas. Por otro lado el modelo de Krajnc & Glavi especifica cuatro indicadores para evaluar las quejas realizadas a la empresa: Número de quejas de los vecinos, denuncias por mal olor, quejas debido al ruido, quejas debido al polvo; mientras que en el modelo propuesto evalúa el número de quejas y reclamaciones generales en un solo indicador.

10. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta el diseño de un modelo de medición el cual evalúa en conjunto el desempeño general de las compañías en los tres aspectos claves de sostenibilidad (económica, ambiental y social). En primera instancia se seleccionaron los indicadores generales para medir cada aspecto de sostenibilidad, obteniendo cuatro indicadores para el aspecto económico, siete para el aspecto ambiental y cinco para el aspecto social. Cabe resaltar que es un modelo flexible y por lo tanto se pueden introducir más indicadores si la compañía o el sector lo demanda.

La asignación de los pesos de los indicadores se realizó mediante la metodología AHP. Con esta se llega finalmente a la obtención de indicadores agregados para cada una de las categorías: ambiental (IA), social (IS) y económica (IE) y por último a un Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad (IGCS). Este indicador compuesto sirve como referencia para evaluar el comportamiento y evolución de la compañía a lo largo del tiempo en materia de desarrollo sostenible, con lo cual se espera identificar oportunidades de mejora. Informa a los tomadores de decisiones sobre las tendencias de desarrollo, permitiendo comparar los resultados obtenidos con los objetivos de la compañía. Por otro lado el IGCS otorga la posibilidad de comparar y encontrar un ranking de las empresas del mismo sector para establecer el nivel de sostenibilidad en el que se encuentra con respecto al grupo evaluado.

Cuanto más elevado sea el valor de los indicadores agregados y el ICGS, mayor es la mejora de la compañía en el ámbito de sostenibilidad. El aumento del IGCS entre periodos se ve reflejado directamente por el aumento de los indicadores agregados IE, IA e IS, es por ello que este modelo evalúa en conjunto estos tres pilares sostenibilidad ya que si alguno disminuye se ve reflejado en el valor final del IGCS. Por otro lado si se están evaluando diferentes compañías, la que obtenga mayor IGCS será la que tiene mejor comportamiento en ámbito de sostenibilidad.

Se realizó el caso de estudio con ARVILL Ltda. empresa colombiana del sector metalmecánico. Al evaluar la compañía en los años de 2008 a 2011, se observa que el IGCS aumenta cada año su valor, lo cual indica que ARVILL Ltda. ha obtenido un crecimiento en el nivel de sostenibilidad global durante dicho periodo. Cabe resaltar que esta comparación entre periodos muestra el avance en el aumento o disminución del nivel de sostenibilidad, no determina si su desempeño sostenible actual es el satisfactorio u optimo. Obteniendo en el 2011 el mayor IGCS con un aumento del 66% con respecto al año anterior, por el contrario en el 2008 resulta el menor valor del IGCS. Por otro lado se muestra que del año 2009 al 2010 IGCS incremento en 1,4%, esto debido a que el indicador IE disminuyó y los indicadores IS e IA obtuvieron muy poco incremento.

Con la medición anual del nivel de sostenibilidad hallado con los indicadores del modelo diseñado, ARVILL Ltda. puede realizar un mejoramiento continuo para los años posteriores. Para ello es necesario realizar con los resultados obtenidos en el periodo actual, la planificación inicial de objetivos para el siguiente periodo, determinando qué modificaciones hay que introducir periodo a periodo, llegando a convertirlos en acciones y metas que mejoren el desempeño sostenible de la compañía.

Al realizar la comparación del nivel de sostenibilidad de ARVILL Ltda. con tres compañías latinoamericanas del sector en el año 2010. Se observó que ARVILL Ltda. es la que menor IGCS generó con respecto al grupo de empresas Latinoamericanas evaluadas, con un valor de 0.371. A pesar de los esfuerzos que ha realizado ARVILL Ltda, para mejorar su desempeño sostenible, esta se encuentra en un 41% por debajo de las compañías Xstrata División Sur del Perú y Gerdu Aza que son las compañías con mayor IGCS del grupo evaluado.

Con estos resultados se identifica cómo se encuentra ARVILL Ltda. en términos de sostenibilidad, en relación con el grupo de las tres empresas Latinoamericanas. Esta comparación contribuye a que la compañía pueda identificar y establecer acciones que permitan incrementar sus niveles de sostenibilidad paulatinamente.

Los resultados obtenidos con el modelo diseñado en la tesis se compararon con los resultados de otro modelo de sostenibilidad existente. El modelo escogido para realizar dicho contraste fue el modelo diseñado por Krajnc & Glavi en 2004. Dando como resultado de esta comparación, que con los dos modelos se llega a la misma conclusión del avance en términos de desarrollo sostenible de ARVILL Ltda. en los años de 2008 a 2011, por lo tanto el modelo presentado en la tesis genera conclusiones apropiadas y generales para una empresa.

Se realizó un aplicativo del modelo propuesto con la ayuda del software *Java*. Como parámetros de entrada se deben introducir la cantidad de años o empresas a ser comparadas y el valor correspondiente a cada uno de los indicadores propuestos en el modelo diseñado. Con estos datos la aplicación calcula los indicadores agregados y el Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad. Esta herramienta es bastante amigable y útil ya que ofrece a los tomadores de decisiones el cálculo rápido y confiable de los indicadores IA, IE, IS e IGCS.

Este modelo es aplicable para los diferentes tipos de organizaciones ya sean públicas o privadas, pequeñas, medianas o grandes empresas. Las ponderaciones de los indicadores pueden tener ciertas limitaciones o desventajas tales como:

- Cada experto puede tener un sesgo dependiendo su área de interés.
- Calificación de los indicadores puede ser subjetiva.
- Percepción de acuerdo con el contexto de la industria o la ciudad.

Para contrarrestar estas limitaciones las personas que colaboraron con las ponderaciones de los indicadores, son profesionales de diferentes áreas, con visualizaciones distintas de los indicadores agregados, por lo tanto al ponderar se disminuye el sesgo hacia un indicador específico. Con respecto al contexto, es evaluado para el ámbito Colombiano.

Como recomendaciones futuras se aconseja realizar la ponderación con más expertos en el tema de estudio, para la ponderación de este modelo participaron 16 concedores del

ámbito de sostenibilidad. Además se puede realizar con este modelo propuesto un estudio de todo un sector, evaluando todas las compañías Colombianas que lo comprendan.

REFERENCIAS

1. Adi Masli; Gary F. Peters; Vernon J. Richardson; Juan Manuel Sanchez (2010). "Continuous Auditing in ERP System Environments: The Current State and Future Directions". Journal of Information Systems of Spring vol 2010, pp. 91-112
2. Aguarón J. & Moreno-Jimenez J (2002), "The geometric consistency index: Approximated thresholds," European Journal of Operational Research, vol. 147, no. 1, pp. 137-145.
3. Azapagic, A (2003) "Systems approach to corporate sustainability-a general Management Framework". Trans. IChemE 81, Part B, 303-316.
4. Azapagic A. & Perdan S. (2000) "Indicators of sustainable development for industry: a general framework" Trans IChemE, Vol 78, Part B.
5. CEPAL, Comisión Económica para América Latina (2010, Mayo). Disponible en: www.eclac.org.
6. Barba-Romero, S & Pomerol, J.C. (1997) "Decisiones Multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica". Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá I.S.B.N. 84-8138-180-2
7. Christine Jasch (1999) "Environmental performance evaluation and indicators", Journal of Cleaner Production 8 , pp.79-88.
8. Damaso Tor (2006) "Sistema Integrado de Gestión Ambiental - Seguridad y Salud Ocupacional"
9. Deegen T (2000) "Ansatzpunkte zur Integration von Umweltaspekten in die Balanced Scorecard". Center for Sustainability Management: Lüneburg.
10. Dahl,A.L.,(2011) "Achievements and gaps in indicators for sustainability" Ecological Indicators, doi:10.1016/j.ecolind.2011.04.032.
11. Domenech Quesada, J.L. (2009): "Huella Ecológica y Desarrollo Sostenible". A.E.N.O.R., Madrid.
12. Dow Jones, SAM Group y STOXX Limited (1999) "Dow Jones Sustainability Index". SAM Indexes GMBH, Zurich.
13. Duarte Ana Paula, Martins Paulo, Alexandre Jorge (2007) "Pro-active behaviour induction by integration of sustainability in business strategic management: INOVE project case study" Journal of Cleaner Production.
14. EEC. Council-Regulation (EEC) No. 1836/93 of 29. June 1993 "Allowing voluntary participation by companies in the industrial sector in a Community Eco-management and audit scheme", EMAS-Regulation. Brussels: EEC, 1993.
15. Escobar Arturo. (1999) . "El final del salvaje". Cultura libre. Capítulo4.
16. Fernández Polanco, Fernández de Moreda, Sánchez Báscones Isabel, García Wilchez Emilio José (2007) "El modelo de sostenibilidad integrado como modelo de gestión, medición y gobierno de la responsabilidad social de las organizaciones", XV Congreso Nacional de Ética de la Economía y de las Organizaciones El Buen Gobierno de las Organizaciones IESE Business School Barcelona.
17. Figge Frank, Hahn Tobias, Schaltegger Stefan and Wagner Marcus (2002a) "The sustainability balanced scorecard linking sustainability management to business strategy". Business Strategy and the Environment Bus. Strat. Env. 11, 269-284.

18. Figge Frank, Hahn Tobias, Schaltegger Stefan and Wagner Marcus (2002b) "*The sustainability balanced scorecard theory and application of a tool for value-based sustainability management*". Paper presented at the greening of industry network conference.
19. Paredes Gabriela. (2004) "*Implementación del Balance Score card*", Presentación Seminario Balance ScoreCard en Quito.
20. García María del Socorro. (2009). "*Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y "Soft Computing"*", Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena.
21. García Vílchez (2010). "*Desarrollo del modelo de sostenibilidad integrado (m.s.i) para la medida de la gestión sostenible de una industria de procesos: aplicación al sector de fabricación de neumáticos*", Tesis doctoral, Universidad de Valladolid.
22. Global Reporting Initiative. (2000). "*Sustainability Reporting Guidelines*". 2000-2006 GRI. Versión 3.
23. Goedkoop Mark, Hofstetter Patrick, Miiller-Wenk Ruedi, Spriemsma Renilde (1998). "*The Eco-Indicator 98 Explained*". The international journal of life cycle assessment.
24. IChemE (2001). "*The Sustainability Metrics. Sustainable Development Progress Metrics recommended for use in process industries*". Institution of Chemical Engineers, Scotland.
25. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, www.icontec.org, consultada septiembre de 2010.
26. International Standard Organization. Environmental management systems. ISO 14001, 1995.
27. Iturria Cammarano Darío Ernesto. (2003). "*Contabilidad de Costos y los Costos Ambientales*", Asociación Uruguaya de Costos.
28. Kaplan R, Norton D. (1992). "*The Balanced Scorecard - measures that drive performance*". Harvard Business Review Jan-Feb: 71-79.
29. Knoepfel Ivo. (2000). "*Dow Jones Sustainability Group Index: un referente mundial para empresas Sostenibilidad*", Corporate Environmental Strategy.
30. Kuosmanen Timo, Kuosmanen Natalia. (2009). "*How not to measure sustainable value (and how one might)*", Ecological Economics.
31. Malkina-Pykh Irina G. (2002). "*Integrated assessment models and response function models: pros and cons for sustainable development indices design.*" Ecological Indicators vol 93.
32. Martínez Alier, Joan (1992). "*Ecología y Pobreza*". Barcelona, Centre Cultural Bancaixa.
33. Balance ScoreCard, <http://www.balancedscorecard.org/>, consultada septiembre de 2010.
34. Pérez Uribe, Rafael & Bejarano, Alexander. (2008). "*Sistema de gestión ambiental: Serie ISO 14000*", Revista-Escuela de Administración de Negocios, Núm. 62, pp. 89-105, Universidad EAN.
35. Petrinia Maira, Pozzebon Marlei (2009) "*Managing sustainability with the support of business intelligence: Integrating socio-environmental indicators and organisational context*", The Journal of Strategic Information Systems.
36. Ranganathan Janeth (1998), "*Sustainability Rulers: Measuring corporate environmental and social performance*". Sustainable enterprise perspectives.

37. Ríos Sixto, Ríos-Insua María Jesús, Ríos Insua Sixto (1989). *“Procesos de Decisión Multicriterio”*, EUDEMA, Madrid. ISBN 84-7754-037-3.
38. Saaty Thomas. (2003). *“Validating the analytic hierarchy process and the analytic network process with applicatins having known and measurable outcomes”* Mathematical and Computer Modelling.
39. Schaltegger Stefan y Terje Synnestvedt (2002). *“The link between `green' and economic success: environmental management as the crucial trigger between environmental and economic performance”*. Journal of environmental management vol. 65 pp 339-346.
40. Serna Gómez Humberto (2001). *“Índices de Gestión”*, 3R Editores.
41. Singh, Rajesh Kumar; Murty, H.R; Gupta, S.K; Dikshit, A.K.(2007). *“Development of composite sustainability performance index for steel industry”*, Ecological Indicators
42. Sistema de Información Ambiental de Colombia, SIAC, www.siac.gov.co, consultada septiembre de 2010.
43. Salzmann Oliver; Ionescu-somers Aileen; Steger Ulrich (2005). *“The Business Case for Corporate Sustainability:: Literature Review and Research Options”*, European Management Journal.
44. Uche Javier; Raluy, Gemma; Serra Luis; Valero Antonio, *“Aplicación de la metodología de análisis de ciclo de vida (acv) para la evaluación ambiental de desaladoras”*. Fundación CIRCE, Universidad de Zaragoza.
45. Lowell Center for Sustainable Production. (1998) *“Sustainable Production: A Working Definition”*. Informal Meeting of the Committee Members.
46. Withers, Barbara y Ebrahimpour, Maling (2000). *“Does ISO 9000 certification affect the dimensions of quality used for competitive advantage?”* European Management Journal. Vol 18.
47. Whitaker Rozann. (2007) *“Validation examples of the Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process”* Mathematical and Computer Modelling.

ANEXO 1

Indicadores de Sostenibilidad de las Herramientas Analizadas

Indicadores/ Herramientas	BSCS	TSM	BS	G.R.I	ISO 14031	Frecuencia
valor añadido*	X	X	X	X		4
Valor agregado por unidad de valor de las ventas		X	X	X		3
Valor agregado por empleado		X	X	X		3
El margen bruto por empleado	X	X	X			3
Retorno sobre el capital promedio empleado	X	X	X			3
Porcentaje de aumento (disminución) en el capital empleado		X	X			2
Total de gastos invertidos en Investigación y Desarrollo en relación al ingreso total	X	X	X		X	4
Número de empleados con formación técnica o universitaria		X				1
Relación entre nuevos nombramientos / número de empleados directos		X				1
Inversiones en capacitación y educación en relación al ingreso total	X	X	X			3
Relación de puestos de trabajo indirectos / número de empleados directos		X				1
Relación entre la inversión en educación / gastos en entrenamiento de los empleados	X	X	X			3
Importe económico dedicado a proyectos y programas sociales en el periodo considerado	X	X	X	X		4
Pago de impuestos, como porcentaje del NIBT		X	X			2
Inversiones en mejoramiento de la productividad en relación al ingreso total	X		X			2
Desempeño de la empresa en el cumplimiento de los contratos con los proveedores			X			1
Cobertura de la organización define las obligaciones del plan de beneficios				X		1
Valor económico directo generado y distribuido, incluyendo ingresos, costes de explotación, retribución a empleados, donaciones y otras inversiones comunitarias, beneficios no distribuidos y pagos a proveedores de capital ya gobiernos.				X		1
Consecuencias financieras y otros riesgos y oportunidades para las actividades debido al cambio climático de la organización				X		1
Rango de las relaciones entre el salario inicial estándar y por género en comparación con el salario mínimo local en lugares donde se desarrollen.				X		1
Política, prácticas y proporción de gasto correspondiente a proveedores locales en lugares donde se desarrollen operaciones significativas.				X		1
Cobertura de las obligaciones de la organización debidas a programas de beneficios sociales				X		1
Procedimientos para la contratación local y proporción de altos directivos procedentes de la comunidad local en lugares donde se desarrollen operaciones significativas.				X		1
Desarrollo e impacto de las inversiones en infraestructura y los servicios prestados principalmente para el beneficio público mediante compromisos comerciales, bono, o en pro.				X		1
Entendimiento y descripción de impactos económicos indirectos significativos, incluyendo el alcance de dichos impactos.				X		1
Ayudas financieras significativas recibidas de gobiernos.				X		1
Reducción del costo de los procesos productivos/Inversión en mejora de proceso	X					1

Incremento del volumen de ventas a nuevos clientes/Incremento de volumen de ventas en el mercado	X					1
Incremento de ventas de la empresa/Incremento del volumen de ventas en el mercado	X					1
Porcentaje y número total de unidades de negocio analizadas con respecto a riesgos relacionados con la corrupción	X					1
total de gastos e inversiones ambientales en el periodo considerado	X		X	X	X	4
costos (operacionales y de capital) asociados a aspectos ambientales de unproceso o producto					X	1
Retorno de la inversión en proyectos de mejora ambiental					X	1
Ahorros conseguidos mediante reducciones en el uso de los recursos,prevención de la contaminación o reciclaje de residuos					X	1
Número de objetivos y metas logrados					X	1
costos atribuibles a sanciones y multas					X	1
Número y frecuencia de actividades específicas (por ejemplo,: auditorías)					X	1
Grado de implementación de códigos especificados de prácticas de gestión u operacionales					X	1
Número de piezas de equipos con partes diseñadas para el fácil desensamblable, reciclaje y reutilización					X	1
Número de horas de mantenimiento preventivo del equipo por año					X	1
Número de horas por año que una pieza específica de un equipo, se mantiene operativa					X	1
Número de niveles gerenciales con responsabilidades ambientales específicas					X	1
Número de iniciativas locales de limpieza o reciclaje, patrocinadas o auto implementadas					X	1
Número de empleados que tienen requisitos ambientales en la descripción de sus puestos					X	1
Número de empleados que participan en programas ambientales (por ejemplo, sugerencias, reciclaje, iniciativas de limpieza u otros)					X	1
Número de proveedores y contratistas consultados acerca de aspectos ambientales					X	1
Número de sugerencias ambientales con propuestas de mejora hechas por loempleados					X	1
Proporción de proveedores con política medioambiental	X		X			2
Consumo total de energía	X	X	X	X	X	5
Consumo total de agua	X	X	X	X	X	5
Cantidad total de residuos	X	X	X	X	X	5
Cantidad de residuos por unidad de producto					X	1
Peso de los residuos transportados y porcentaje de residuos transportados internacionalmente.				X	X	2
Número total y volumen de derrames significativos.				X	X	2
Consumo directo de energía desglosado por fuentes primarias		X		X	X	3
Porcentaje de energía proveniente de fuentes renovables	X			X	X	3
Ahorro de energía debido a mejoras en conservación y eficiencia.		X		X		2
Emissiones totales, directas e indirectas, de gases de efecto invernadero, otros	X	X		X	X	5
Otras emisiones indirectas de gases de efecto invernadero en peso.	X			X		2
Porcentaje y volumen total de agua reciclada y reutilizada.				X	X	2
Utilización de sustancias tóxicas		X			X	2
Porcentaje de destrucción de fauna y flora					X	1
Controles para el aprovisionamiento de materias primas			X			1
Total de materias primas utiliza en peso y volumen	X	X		X		3

Fracción de materias primas recicladas dentro de la empresa		X			X	2
Fracción de materias primas recicladas de los consumidores	X				X	2
Porcentaje de partes del producto que no pueden ser recicladas o reutilizadas					X	1
Número de cambios realizados en el diseño del producto para facilitar su desensamble					X	1
Descripción de los impactos de las actividades, productos y servicios de la biodiversidad en áreas protegidas y en áreas de alta biodiversidad no protegidas.				X	X	2
Total de la tierra ocupada + afectados por el valor añadido		X		X	X	3
Materiales peligrosos (radioactivos) en bruto por kg de producto	X	X				2
Frecuencia del mantenimiento de los Vehículos					X	1
Número de vehículos de la flota equipados con tecnología para reducir la contaminación					X	1
Consumo total de combustible					X	1
NO, SO y otras emisiones significativas al aire por tipo y peso.	X			X	X	3
Tasa de restauración de la tierra (restaurado por año / total)		X		X		2
Residuos peligrosos sólidos por unidad de valor añadido	X	X			X	3
Residuos no peligrosos sólidos por unidad de valor añadido	X	X			X	3
Otras emisiones indirectas de gases de efecto invernadero, en peso		X			X	2
Demanda de Oxígeno		X				1
Eco toxicidad al agua		X				1
Eutrofización al agua		X				1
Neto de agua consumida por unidad de masa de producto		X			X	2
Neto de agua consumida por unidad de valor añadido		X				1
La acidificación de los acuáticos		X				1
Gastos en la introducción de métodos no-contaminantes			X	X	X	3
Campañas ecológicas y educación socio-ambiental para la comunidad externa y para sociedad por regla general	X		X		X	3
Identificación, tamaño, estado de protección y valor de biodiversidad de recursos hídricos y hábitats relacionados, afectados significativamente por vertidos de la organización informante de agua y residuos líquidos.				X		1
Inversión en programas de educación ambiental para los(as) funcionarios(as)			X			1
Porcentaje de materiales utilizados que son materiales valorizados.			X		X	2
Iniciativas para proporcionar productos de energía eficientes y renovables y servicios basados en, y la reducción de consumo de energía como resultado de estas iniciativas.				X	X	2
Iniciativas para reducir el consumo indirecto de energía y las reducciones logradas.				X	X	2
Estrategias y acciones implantadas y planificadas para la gestión de impactos sobre la biodiversidad.				X		1
Número de especies de la Lista Roja y nacionales de conservación de especies de la lista de hábitats en las zonas afectadas por las operaciones según el nivel de riesgo de extinción				X		1
Porcentaje de productos vendidos y sus materiales de embalaje que son recuperados al final.				X		1
Costo de las multas significativas y número total de sanciones no monetarias por incumplimiento de las leyes ambientales y reglamentos.	X			X	X	3
Impactos ambientales significativos del transporte de productos y otros bienes y materiales utilizados para las operaciones de la organización, así como del transporte de la fuerza laboral.	X			X	X	3
Porcentaje de ruido y vibraciones totales	X				X	2
Presentación de informes ambientales					X	2

Número de entregas de mercancías por tipo de transporte y día					X	1
Número de viajes de negocio que no se realizaron debido a otros medios de comunicación;					X	1
Número de viajes de negocio por tipo de transporte					X	1
Número de productos introducidos al mercado con propiedades peligrosas reducidas					X	1
Número de productos que se pueden reutilizar o reciclar					X	1
Porcentaje del contenido reutilizable o reciclable de un producto					X	1
Número de unidades de subproductos generados por unidad de producto					X	1
Número de unidades de energía consumida durante el uso del producto					X	1
Número de productos con instrucciones relativas a su utilización y disposición final seguras para el ambiente					X	1
Vida útil del producto					X	1
Proporción de productos defectuosos					X	1
Tasas de absentismo, enfermedades profesionales, días perdidos y número de víctimas mortales relacionados con el trabajo por región	X		X	X		4
Número total de empleados y rotación media de empleados, desglosados por grupo de edad, sexo y región		X	X	X		4
Desglose del colectivo por tipo de empleo, contrato de trabajo, y en la región, desglosada por género.		X		X		2
Promedio de horas de formación al año por empleado, desglosado por categoría de empleado	X		X	X	X	5
Programas de educación, formación, asesoramiento, prevención y control de riesgos que se apliquen a los trabajadores, a sus familias o a los miembros de la comunidad en relación con enfermedades graves	X		X	X		4
Porcentaje de trabajadores afro descendientes en la empresa en relación al total de los empleados			X			1
Porcentaje de mujeres trabajadoras en la empresa en relación al total de los empleados			X			2
Métodos de consulta a las partes interesadas expresadas en términos de frecuencia de las consultas según el tipo y grupo de partes interesadas				X		2
Beneficios sociales para los empleados con jornada completa, que no se ofrecen a los empleados temporales o de media jornada, desglosado por actividad principal				X		2
La vuelta al trabajo y las tasas de retención después de un permiso parental, por el género.				X		1
Porcentaje de empleados cubiertos por un convenio colectivo				X		2
Iniciativas en seguridad, higiene y ergonomía de los trabajadores	X		X		X	3
Composición de los órganos de gobierno corporativo y plantilla, desglosado por sexo, grupo de edad, pertenencia a minorías y otros indicadores de diversidad						1
Periodo mínimo de preaviso (s) a cambios organizativos, incluyendo si estas notificaciones son especificadas en los convenios colectivos				X		1
Porcentaje del total de trabajadores representado en comités de dirección-empleados de la salud y los comités de seguridad que ayudan a controlar y asesorar sobre programas de salud y seguridad.	X			X		2
Número total de incidentes de discriminación y medidas adoptadas	X					2
Número de empleados insatisfechos o resignados	X	X				3
Tasa de atracción y retención de trabajadores: Cantidad de candidatos en relación al número de vacantes ofrecidas en un periodo de tiempo	X					1
Número de quejas y reclamaciones	X	X	X		X	5
Asuntos de salud y seguridad cubiertos en acuerdos formales con sindicatos.				X		1
Eficacia de la comunicación entre todos los integrantes de la empresa						1

Nivel de satisfacción en relación a los jefes que les dirigen	X					2
Beneficios como porcentaje respecto de nómina		X				2
Tasa de promoción (el número de promociones / número de personas empleadas)		X				1
Horas de trabajo perdidas como porcentaje del total de horas trabajadas	X	X			X	4
Beneficios indirectos a la comunidad por la existencia de la empresa	X	X				2
Los gastos de enfermedad y los gastos de prevención de accidentes / Gastos nómina	X	X				2
Tiempo perdido por accidentes (número por millón de horas trabajadas)	X	X	X			3
Salario y beneficios del 10% de los trabajadores mejor remunerados		X				1
Salario y beneficios del 10% de los trabajadores peor remunerados		X				1
Número de quejas registradas por miembros de la comunidad		X				1
Número de acciones legales exitosas contra la empresa o empleados		X				1
Beneficio indirectos de la comunidad		X	X			2
Nivel de satisfacción general con la empresa	X					2
Beneficios complementarios para jubilados(as) y sus dependientes			X			1
Programas de calidad de vida y otros gastos con salud, inclusive de los jubilados(as)			X			1
Gastos con enseñanza regular en todos los niveles, reembolso de educación, becas, firmas de revistas, gastos con biblioteca (excluido personal) y otros gastos con educación.	X		X	X		3
Gastos con eventos y manifestaciones artísticas y culturales (música, teatro, cine, literatura y otras artes)			X			1
Suma total de los accidentes de trabajo registrados durante el año	X	X	X			3
Gastos con restaurante, vale-comida, cestas básicas y otros relacionados a la alimentación de los empleados(as)			X			1
Número de admisiones durante el periodo			X			1
Número de empleados(as) externos(as)			X			1
Número de estudiantes en prácticas			X			1
Número de empleados(as) mayores de 45 años			X			1
Porcentaje de cargos de mando (jefatura) ocupados por afro-descendientes			X			1
Porcentaje de empleados que reciben evaluaciones regulares del desempeño y de desarrollo profesional, por sexo.				X		1
Composición de los órganos de gobierno corporativo y de empleados por categoría de empleado de acuerdo a los indicadores de género, edad, pertenencia a minorías y otros indicadores de diversidad.				X		1
Relación entre salario base y la remuneración de hombres y mujeres por categoría de empleado, por lugares donde se desarrollen.				X		1
Número total de incumplimientos de la regulación y de los códigos voluntarios relativos a la información y al etiquetado de los productos y servicios, distribuidos en función del tipo de resultado de dichos incidentes	X				X	2
Eficacia de la comunicación entre todos los integrantes de la empresa	X					1
Competitividad en su relación calidad-precio	X					1
Antigüedad media de los empleados	X					1
Creación de empleo neto	X					1
Antigüedad media de la base de clientes	X					1
resultados favorables en las encuestas de la comunidad					X	1

Número de portadores de discapacidades o necesidades especiales			X		1
Total de horas de formación de los empleados sobre las políticas y procedimientos relacionados con los derechos humanos que son relevantes para las operaciones, incluyendo el porcentaje de empleados formados.				X	1

Tabla 25. Frecuencia de Indicadores encontrados en BSCS, TSM, BS, GRI e ISO 14031.

ANEXO 2

Definición de los Indicadores Propuestos

Indicadores Económicos:

Indicador 1: Valor Agregado (EVA):

- Definición: El valor económico agregado (EVA), es una medida de desempeño financiero. Cuando se obtiene un EVA positivo significa que la empresa ha generado riqueza, mientras que por el contrario cuando es negativo muestra que se ha consumido el capital.
- Unidad de medida: Millones Pesos Colombianos(MCOP)
- Objetivo: El propósito del EVA es obtener una imagen fiel de lo que la empresa está ganando o perdiendo en el núcleo de su negocio. Cuanto mayor sea mejor será la eficiencia económica de la compañía
- Cálculo: (Ventas netas-Costo de las mercancías, materias primas (incluida la energía) y servicios adquiridos.) en el periodo considerado.

Indicador 2: Total de gastos invertidos en Investigación y Desarrollo en relación al ingreso total

- Definición: Representa las inversiones de una empresa en investigación, desarrollo e innovación. El valor de este indicador es una medida muy importante para analizar el comportamiento sostenible de las organizaciones. A mayor inversión en investigación y desarrollo, mayores serán las posibilidades de lograr nuevas tecnologías que resulten más avanzadas y eficaces, nuevos métodos de trabajo, nuevos mercados, productos más innovadores y más respetuosos con el ambiente, entre otros.
- Unidad de medida: Millones de Pesos Colombianos (MCOP).
- Objetivo: Aumentar la inversión en Investigación y Desarrollo.
- Cálculo: Inversión dedicado a Investigación, Desarrollo e Innovación/ ingreso total, en el periodo considerado.

Indicador 3: Total de gastos invertidos a proyectos y programas sociales en el periodo considerado

- Definición: Este indicador se mide las donaciones voluntarias e inversiones anuales que realiza la compañía con fines sociales, entre los que se encuentran las contribuciones a

instituciones caritativas, organizaciones no gubernamentales, entidades dedicadas a la investigación, ayudas a proyectos locales o comunitarios, programas sociales, iniciativas deportivas o culturales, entre otros.

- Unidad de medida: Millones de Pesos Colombianos (MCOP)
- Objetivo: Aumentar el gasto de la comunidad y contribuciones caritativas.
- Cálculo: Inversión dedicado a proyectos y programas sociales/ ingresos totales, en el periodo considerado.

Indicador 4: Total de gastos invertido a proyectos y programas ambientales en el periodo considerado

- Definición: Este indicador incluye todas las inversiones y los gastos asociados a la prevención, control, minimización y documentación de los aspectos ambientales de la empresa. Incluye también la inversión en la gestión de todos los residuos generados, los tratamientos y procedimientos implantados para reducir y eliminar la contaminación, sistemas para ahorro en el consumo de agua, energía y materiales, campañas de sensibilización y participación entre otros.
- Unidad de medida: Millones de Pesos Colombianos (MCOP).
- Objetivo: Aumentar el gasto en acciones ambientales para disminuir su impacto.
- Cálculo: Inversión dedicado a proyectos y programas ambientales/ ingresos totales, en el periodo considerado.

Indicadores Ambientales:

Indicador 5: Cantidad de energía utilizada por kilogramo de producto

- Definición: Consiste en medir la cantidad de energía de fuentes no renovables, como los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) necesaria para la fabricación de una tonelada de producto.
- Unidad de Medida: kWh/t
- Objetivo: Disminuir el uso de energías no renovables

- Cálculo: Se suman los consumos de todas las fuentes energéticas usadas y se convierten a la misma unidad, en este caso kWh, este valor se dividen por tonelada de producto fabricado en el periodo de estudio.

Indicador 6: Porcentaje de energía proveniente de fuentes renovables

- Definición: Consiste en medir el porcentaje de energía que consume una empresa para la fabricación de una tonelada de producto, procedente de energías renovables. Este indicador es bastante importante ya que un objetivo clave de la producción sostenible es reducir el consumo de combustibles fósiles, cambiando al uso de fuentes de energía renovables, como solar, eólica, hidroeléctrica y de biomasa.
- Unidad de Medida: %
- Objetivo: Aumentar el uso de energía proveniente de fuentes renovables.
- Cálculo: Cociente entre los kWh de energía utilizada de origen renovable y los kWh de energía totales consumidos en el periodo de estudio, expresado en %. Es necesario convertir todo a la misma unidad de medida, en este caso kWh.

Indicador 7: Cantidad de agua utilizada por kilogramo de producto fabricado

- Definición: Es el agua total necesaria para la fabricación de una tonelada de producto. Es importante sumar todas las fuentes de captación de agua (red, pozo subterráneo, acuífero, río, etc).
- Unidad de Medida: m³/t
- Objetivo: Disminuir el consumo de agua.
- Cálculo: Se suman todas las fuentes de captación de agua usadas y se convierten a la misma unidad, en este caso kg (1 Lt de agua es igual a 1Kg de agua) y se divide por los kilogramos de producto fabricado en el periodo de estudio.

Indicador 8: Cantidad de residuos generados por kilogramo de producto fabricado

- Definición: Este indicador hace referencia a la cantidad total de residuos generados para fabricar una tonelada de producto. En Colombia las cifras señalan se generan

aproximadamente 40.000 toneladas diarias de residuos sólidos. De esta cantidad, entre el 42% y el 45% de los residuos sólidos que terminan en los rellenos sanitarios son materiales reciclables, y de éstos sólo se recupera aproximadamente el 5% (Angarita, D, 2009). Este indicador en el tiempo muestra una medida de los esfuerzos que una empresa realiza hacia la mejora de los procesos y tecnologías para reducir la cantidad final de residuos.

- Unidad de Medida: Toneladas/Toneladas
- Objetivo: Reducir la cantidad de residuos generados.
- Cálculo: Calcular los residuos totales de la planta (la cadena de suministro) en kilogramos y se divide por los kilogramos de producto fabricado en el periodo de estudio.

Indicador 9: Cantidad de emisiones de efecto invernadero generadas por kilogramo de producto.

- Definición: Este indicador hace referencia a la cantidad de emisiones de efecto invernadero producidas para la fabricación de una tonelada de producto. Estas emisiones son expresadas en relación con el potencial de calentamiento global del CO₂ equivalente.
- Unidad de Medida: toneladas de CO₂ equivalente/t.
- Objetivo: Disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.
- Cálculo: 1. Identificar todas las fuentes de gases de calentamiento global, tales como el uso de electricidad, gas propano y otros combustibles, transporte de materias primas, materiales y productos entre otros. 2. Calcular el potencial de calentamiento global para cada una de las fuentes mencionadas anteriormente en toneladas de CO₂ equivalente por el periodo de estudio, este cálculo se realiza mediante el uso de factores de conversión (PF) estos se especifican en el ANEXO 3, realizando (PF por el peso en kg). 3. Suma todos los resultados obtenidos en el paso 2. y reste cualquier compensación (ejemplo. la plantación de árboles).4. Convierta el resultado de kilogramos a toneladas.

Indicador 10: Cantidad de emisiones de gases ácidos por kilogramo de producto

- Definición: Este indicador hace referencia al potencial de acidificación del aire (AP) que es la cantidad total de emisiones de gases ácidos, AP se basa en las contribuciones de SO₂, NO_x, HCl, NH₃ y HF al potencial de deposición ácida, es decir, su potencial para formar iones H⁺ (Azapagic *et al*, 2000)
- Unidad de Medida: toneladas de SO₂ equivalentes/t
- Objetivo: Reducir las emisiones de gases ácidos.
- Cálculo: 1. Identificar todas las fuentes de gases ácidos. 2. Calcular el AP para cada una de las fuentes mencionadas anteriormente en kilogramos de SO₂ equivalente por el periodo de estudio, este cálculo se realiza mediante el uso de factores de conversión (PF) estos se especifican en el ANEXO 3, realizando (PF por el peso en kg). 3. Sume todos los resultados obtenidos en el paso 2. 4. Convierta el resultado de kilogramos a toneladas.

Indicador 11: Cantidad de materiales utilizados por kilogramo de producto

- Definición: Este indicador hace referencia a la cantidad de materiales utilizados para la fabricación de una tonelada de producto. La conservación de los recursos y el uso más eficiente de estos es fundamental para el planeta, teniendo en cuenta el crecimiento de la población actual y la tasa de consumo.
- Unidad de Medida: t/t
- Objetivo: Reducir los materiales utilizados.
- Cálculo: Se calcula el consumo total de materiales en kg y se divide por kilogramo de producto fabricado en el periodo de estudio.

Indicador 12: Número de empleados

Definición: Este indicador hace referencia al número de empleados contratados por la organización. Este indicador muestra la generación de empleo que realiza la compañía, es

importante dado que el desempleo en Colombia es uno de los principales problemas sociales, durante los últimos años la tasa de desempleo en Colombia no ha logrado bajar de dos cifras, ya que el porcentaje actual de población desempleada es de 10,5% de la población desempleada, lo que significa que 2.393.000 de colombianos forman parte activa del desempleo en Colombia (sobrepolitica, 2011).

- Unidad de Medida: Número/tiempo
- Objetivo: Aumentar las oportunidades de empleo para la comunidad.
- Cálculo: Contar cuantos trabajadores están contratados en el periodo de estudio.

Indicador 13: Tasa de rotación media de empleados

- Definición: Este indicador hace referencia a la tasa de rotación media de empleados o la duración media de servicio de los empleados. Esta tasa refleja indirectamente el bienestar del empleado y satisfacción en el trabajo (por ejemplo, salarios y prestaciones, de seguridad y salud).
- Unidad de Medida: %
- Objetivo: Reducir la tasa de rotación media de servicio de los empleados.
- Cálculo: 1. Determinar el número de empleados, que dejaron de trabajar para la empresa en el periodo de estudio. 2. Divida este número por el número total de empleados y multiplicar por 100 para obtener un porcentaje.

Indicador 14: Promedio de horas de formación de los empleados

- Definición: Este indicador se refiere al número de horas promedio de formación de los empleados en el tiempo evaluado. La formación continua de los empleados es fundamental para el resultado final de una organización, ya que la formación contribuye a la mejora de la calidad y la productividad.
- Unidad de Medida: Horas/ tiempo
- Objetivo: Aumentar la formación de los empleados

- Cálculo: 1. Sumar el número de horas de formación por cada empleado en el tiempo considerado y dividir este resultado por el número de empleados totales.

Indicador 15: Horas de trabajo perdidas como porcentaje del total de horas trabajadas por accidentes laborales o enfermedades como porcentaje del total de horas trabajadas (Ausentismo)

- Definición: Este indicador se refiere al porcentaje de horas laborales perdidas o tasa de ausentismo en horas, por accidentes laborales o enfermedades (causadas por el trabajo) en relación al total de horas trabajadas.
- Unidad de Medida:%
- Objetivo: Disminuir la tasa de horas laborales perdidas en relación al total de horas trabajadas
- Cálculo: 1. Calcular el número de horas laborales perdidas por accidentes laborales o enfermedades (causadas por el trabajo) de todos los empleados en el periodo de estudio. 2. Dividir este resultado sobre el producto entre el número de trabajadores y las horas totales de trabajo por empleado en el periodo de estudio. 3. Expresar este resultado en porcentaje.

Indicador 16: Número de quejas y reclamaciones

- Definición: Se refiere al número de quejas y reclamaciones realizadas por los clientes y empleados en el periodo de estudio.
- Unidad de Medida: Número/ tiempo
- Objetivo: Disminuir el número de quejas y reclamaciones.
- Cálculo: Contabilizar las reclamaciones y quejas documentadas en el periodo de estudio.

ANEXO 3

Las cargas ambientales de las emisiones a aire Calculo del CO₂ y SO₂ equivalente

Acidificación Atmosférica

Substance	Potency Factor PF
SO ₂	1
Ammonia	1.88
HCl	0.88
HF	1.6
NO ₂	0.7
H ₂ SO ₄ mist	0.65

Tabla 26. Factores para hallar el SO₂ equivalente, (IChemE (2001).

Calentamiento Global

Estos factores de potencia se basan en un horizonte temporal de 100 años:

Substance	Potency Factor PF
Carbon dioxide	1
Carbon monoxide	3
Carbon tetrachloride	1,400
Chlorodifluoromethane, R22	1,700
Chloroform	4
Chloropentafluoroethane, R115	9,300
Dichlorodifluoromethane, R12	8,500
Dichlorotetrafluoroethane, R114	9,300
Difluoroethane	140
Hexafluoroethane	9,200
Methane	21
Methylene chloride	9
Nitrous Oxide	310
Nitrogen Oxides (NO _x)	40
Pentafluoroethane, R125	2,800
Perfluoromethane	6,500
Tetrafluoroethane	1,300
Trichloroethane (1,1,1)	110
Trichlorofluoromethane, R11	4,000
Trichlorotrifluoroethane, R113	5,000
Trifluoroethane, R143a	3,800
Trifluoromethane, R23	11,700
Volatile Organic Compounds	11

Tabla 27. Factores para hallar el CO₂ equivalente, IChemE (2001).

ANEXO 4

Comparación de empresas

Indicador	Unidad	Valor												Valor normalizado										Pesos								
		ARVILL LTDA		XSTRATA		Gerdu aza (Chile)		Votorantim/Siderurgia		Valleherce de		Capa Acero Chile		maximo	Minimo	Renta	Arvill LTDA		A División		Gerdu aza		Votorantim		Valleherce		Capa					
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010				2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009		2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	
Valor Económico Añadido (EVA)	MCOOP	130,8	129,9	1242928	799590,88	288325,00	302577,00	11539180,00	14381418,00	15179000,00	1842800,00	813684,03	330996,59	14381423,00	129,96	14381298,10	0,06	0,09	0,09	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,14
Recursos invertidos en Investigación y Desarrollo en relación al ingreso total	%	2	2		0,71	11,14	33,96	1,11	1,27					33,96	0,72	33,21	0,04	0,04		0,00	0,31	1,00		0,02							0,29	
Recursos invertidos a proyectos y programas sociales en el período considerado	%	0,25	0,25	1,78	2,82		19,00	3,89	3,38	13,45	11,30			19,00	0,25	18,75	0,06	0,06	0,05	0,14		1,00	0,19	0,17	0,70	0,59					0,29	
Recursos invertidos a proyectos y programas ambientales en el período considerado	%	6	9		32,78	20,00	5,60	4,00	3,40	14,42	5,53	32,25	45,03	45,03	4,60	41,03	0,05	0,02		0,70	0,39	0,04	0,08	0,03	0,25	0,04	0,09	1,00			0,29	
Cantidad de energía utilizada por Tonelada de producto	Kwh/t	880	980,2	282,8	282,10	670,00	652,00	170,00	110,00	703,00	645,00	505,00	597,00	763,00	310,00	653,00	0,28	0,31	0,72	0,72	0,14	0,17	0,91	1,00	0,00	0,18	0,40	0,25		0,09		
Porcentaje de energía proveniente de fuentes renovables	%	4	4	82,7	98,48	4,00	4,00	58,20	80,00	75,00	75,00	4,00	4,00	75,00	4,00	71,00	0,00	0,00	0,03	0,71	0,00	0,00	0,78	0,79	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,11	
Cantidad de agua utilizada por Tonelada de producto fabricado	m3/t	0,59	0,6	4,6	6,67	1,82	1,82	0,14	0,17	4,22	3,18	48,00	45,00	48,00	0,12	47,88	0,99	0,99	0,91	0,86	0,96	0,96	1,00	1,00	0,91	0,94	0,90	0,96		0,17		
Cantidad de residuos generados por Tonelada de producto fabricado	tt	0,2	0,18	0,4	0,48	0,27	0,28	0,03	0,04	0,98	0,57	0,69	0,57	0,69	0,03	0,69	0,74	0,77	0,42	0,35	0,84	0,62	1,00	0,99	0,02	0,18	0,06	0,20		0,15		
Cantidad de emisiones de efecto invernadero generadas (CO2) por Tonelada de producto	Co2/t	0,991	0,888	0,2	0,17	0,20	0,56	0,91	0,65	0,30	0,21	2,90	1,90	2,90	0,10	1,90	1,00	1,00	0,95	0,96	0,94	0,75	0,73	0,71	0,89	0,94	0,90	0,95		0,14		
Cantidad de emisiones de gases ácidos (SO2) por Tonelada de producto	So2/t	2,48E-07	2,50E-07	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,12	
Cantidad de materia prima utilizada por Tonelada de producto	tt	0,18	0,19	0,3	0,48	1,43	1,10	0,53	0,53	1,58	1,52	2,84	2,61	2,84	0,48	2,10	0,91	0,91	1,00	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,22	
Número de empleados	Na	10	10	897,8	897,00	401,00	402,00			3390,00	3800,00	4393,00	1997,00	1974,00	10,00	5390,00	0,00	0,00	0,11	0,11	0,08	0,08	1,00	0,71	0,83	0,37	0,37	0,37	0,37	0,08		
Tasa de rotación media de empleados (turn over)	%	1	1		0,59	0,00	0,00	4,10	4,00	15,05	0,42	7,20	1,10	13,05	0,00	15,05	0,91	0,92	1,00	0,96	1,00	1,00	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,25		
Promedio de horas de formación por empleado en el tiempo evaluado	%	12	13	31,8	35,54	45,10	42,80			18,10	22,70	31,00	43,40	44,60	45,10	33,10	0,00	0,01	0,57	0,70	1,00	0,93		0,19	0,32	0,57	0,91	0,96		0,23		
Horas de trabajo perdidas por accidentes laborales o enfermedades como porcentaje del total de horas trabajadas	%	7	5	0,5	1,00	1,71	1,56			1,43	4,31	7,47	9,30	9,50	9,50	0,49	9,01	0,28	0,59	1,00	0,94	0,86	0,88		0,12	0,58	0,23	0,02	0,00		0,28	
Número de gases y contaminaciones (óxidos y aerosoles)	Na	0,5	0,8	0,2	0,02	0,43	0,49			0,02					0,80	0,01	0,79	0,17	0,00	0,92	1,00	0,30	0,10		1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21		

Tabla 28. Desarrollo de la Comparación de compañías Latinoamericanas.

Indicador /Empresa	ARVILL LTDA	XSTRATA División Sur del Perú(planta Tintaya)	Gerdu Aza (Chile)	Votorantim (Siderurgia)
IE	0,018	0,247	0,586	0,205
IA	0,772	0,819	0,620	0,815
IS	0,335	0,839	0,700	0,524
IGCS	0,371	0,629	0,629	0,510

Tabla 29. Resultado obtenidos de la comparación de empresas de los indicadores agregados y el IGCS.

ANEXO 5

Aplicación del Modelo Krajnc & Glavi en ARVILL Ltda.

Indicador	Unidad	ARVILL Ltda				Normalización				Pesos	Valor Indicadores			
		2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011		2008	2009	2010	2011
Ventas	MCOP	1008,2	1388,4	1105,4	1017,5	0,00	1,00	0,26	0,02	0,202	0,000	0,202	0,052	0,005
utilidad de operación	MCOP	127	142,45	133	100,29	0,63	1,00	0,78	0,00	0,247	0,156	0,247	0,192	0,000
Inversión (capital, Gastos)	MCOP	10,3	12,342	11,226	21,76	0,00	0,18	0,08	1,00	0,182	0,000	0,032	0,015	0,182
Ganancias Netas	MCOP	60,8	74,6	63,7	66,9	0,00	1,00	0,21	0,44	0,191	0,000	0,191	0,040	0,084
Costos de Investigación y desarrollo	MCOP	1,297	2,616	2,598	6,367	0,00	0,26	0,26	1,00	0,111	0,000	0,029	0,028	0,111
Número de Empleados	#	9	10	10	11	0,00	0,50	0,50	1,00	0,068	0,000	0,034	0,034	0,068
										IE=	0,156	0,735	0,361	0,450
Consumo total de energía	GJ/UP	1,29	1,25	1,21	1,2	0,00	0,44	0,89	1,00	0,02	0,000	0,009	0,018	0,020
Comprado en el consumo de energía por UP	GJ/UP	1,29	1,25	1,21	1,2	0,00	0,44	0,89	1,00	0,02	0,000	0,009	0,018	0,020
El consumo de carbón por UP	GJ/UP	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000	0,000	0,000	0,000
El consumo de combustible petróleo por UP	GJ/UP	0,19	0,18	0,19	0,22	0,75	1,00	0,75	0,00	0,02	0,015	0,020	0,015	0,000
Consumo de gas por UP	GJ/UP	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000	0,000	0,000	0,000
Consumo de agua por UP	1000 m3/UP	0,00035	0,00035	0,00036	0,00032	0,14	0,29	0,00	1,00	0,01	0,001	0,003	0,000	0,010
El consumo hidrocarburos clorados por UP	Kg/UP	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000	0,000	0,000	0,000
Producción en masa	T	432	436	435	440	0,00	0,50	0,38	1,00	0,01	0,000	0,005	0,004	0,010
Emisiones de CO2 por UP	t/UP	0,063	0,0606	0,0588	0,0582	0,00	0,50	0,87	1,00	0,04	0,000	0,020	0,035	0,040
Emisiones de NOx (calculado como NO2) por UP	kg/UP	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,000	0,000	0,000	0,000
Las emisiones de SO2 por UP	kg/UP	1,4E-07	1,4E-07	1,5E-07	1,4E-07	0,77	0,77	0,00	1,00	0,06	0,046	0,046	0,000	0,060
Las emisiones de polvo por UP	kg/UP	150	148	149	149	0,00	1,00	0,50	0,50	0,03	0,000	0,030	0,015	0,015
Las emisiones de COV por UP	kg/UP	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,000	0,000	0,000	0,000
Aguas residuales por UP	1000/m3	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,000	0,000	0,000	0,000
Las emisiones de DQO(Demanda Química de Oxígeno) en las aguas superficiales por UP	kg/UP	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,000	0,000	0,000	0,000
Emisión metales pesados en las aguas de superficie por UP	kg/UP	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,000	0,000	0,000	0,000
El plomo, cromo, cobre, níquel por UP	kg/UP	0,91	0,915	0,9	0,9	0,33	0,00	1,00	1,00	0,10	0,033	0,000	0,100	0,100

Zinc por UP	kg/UP	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,000	0,000	0,000	0,000
residuos para el reciclaje y la eliminación por UP	kg/UP	0,12	0,12	0,108	0,12	1,00	1,00	0,00	1,00	0,04	0,040	0,040	0,000	0,040
De residuos para su reciclaje por UP	kg/UP	0,08	0,08	0,07	0,08	1,00	1,00	0,00	1,00	0,04	0,040	0,040	0,000	0,000
Los residuos peligrosos para su eliminación por UP	kg/UP	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,000	0,000	0,000	0,000
residuos para su eliminación por UP	kg/UP	0,04	0,04	0,038	0,04	0,00	0,00	1,00	0,00	0,07	0,000	0,000	0,070	0,000
										IA=	0,176	0,222	0,274	0,315
Número accidentes de trabajo por cada 200.000 horas trabajadas	%	0,32	0,3	0,23	0,25	0,00	0,22	1,00	0,78	0,091	0,000	0,020	0,091	0,071
Número accidentes laborales graves(más de 50 días sin laborar)	#	0	1	0	0	1,00	0,00	1,00	1,00	0,117	0,117	0,000	0,117	0,117
Número accidentes durante las actividades típicas de la producción	#	3	2	1	1	0,00	0,50	1,00	1,00	0,091	0,000	0,046	0,091	0,091
Número de accidentes al caminar o moverse	#	3	1	1	1	0,00	1,00	1,00	1,00	0,077	0,000	0,077	0,077	0,077
Número de proyectos sin fines de lucro	#	1	2	2	3	0,00	0,67	0,67	1,00	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000
Número de quejas de los vecinos	#	1	2	2	0	0,50	0,00	0,00	1,00	0,131	0,066	0,000	0,000	0,131
Número denuncias por mal olor	#	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,095	0,000	0,000	0,000	0,000
Número de quejas debido al ruido	#	5	4	4	0	0,00	0,20	0,20	1,00	0,095	0,000	0,019	0,019	0,095
Número de quejas debido al polvo	#	6	5	3	3	0,00	0,33	1,00	1,00	0,095	0,000	0,032	0,095	0,095
Número de medidas de mejora iniciados	#	2	2	4	6	0,00	0,00	0,50	1,00	0,095	0,000	0,000	0,048	0,095
										IS=	0,183	0,193	0,538	0,772
										IG=	0,17	0,38	0,39	0,51

Tabla 30. Aplicación del Modelo Krajnc & Glavi en ARVILL Ltda.

ANEXO 6

Aplicativo del modelo propuesto.

Especificaciones técnicas:

El aplicativo del modelo propuesto se realizó con ayuda del software *Java*, se hizo la programación mediante el software *Eclipse*. El aplicativo esta dado en la extensión .jar, lo que significa que solo se puede ejecutar mediante la “máquina virtual de Java” la cual se puede descargar gratis en la página web oficial de java (www.java.com), o existen otros programas gratis que ejecutan extensiones .jar como por ejemplo “Jarx - The JAR executer”(www.bitstorm.org/jarx/). Es indispensable que para la ejecución del programa se encuentren en la misma carpeta el archivo “*Modelo_sostenibilidad.jar*” y la carpeta “*data*”.

Interfaz del Aplicativo:

El aplicativo es muy amigable y fácil de utilizar. En las Figuras 8 a y b, se muestran las matrices de comparaciones y los pesos finales hallados en la tesis. Estas pantallas no son editables, solo muestran al usuario los resultados obtenidos en el desarrollo de la tesis. En la siguiente pantalla (Figura 9), se pregunta al usuario ¿cuántas empresas o años se requieren comparar?, la limitación de este número dado por el usuario se encuentra en el espacio para la visualización de todas las columnas requeridas, aproximadamente se pueden visualizar correctamente 100 años o compañías. En la siguiente pantalla (Figura 10), se requiere que el usuario introduzca los valores de los indicadores económicos, ambientales y sociales propuestos, de los diferentes años o compañías. Posteriormente se muestra la normalización de los valores de los indicadores propuestos, estas pantallas vistas en la Figura 11, son solo informativas y no se pueden editar. Finalmente se llega a la obtención de los indicadores agregados: Indicador Económico (IE), Indicador Ambiental (IA), Indicador Social (IS) e Indicador Global Compuesto de Sostenibilidad (IGCS).



Figura 9. Visualización del número de años o empresas que desea comparar, en el aplicativo (pantalla No.4)

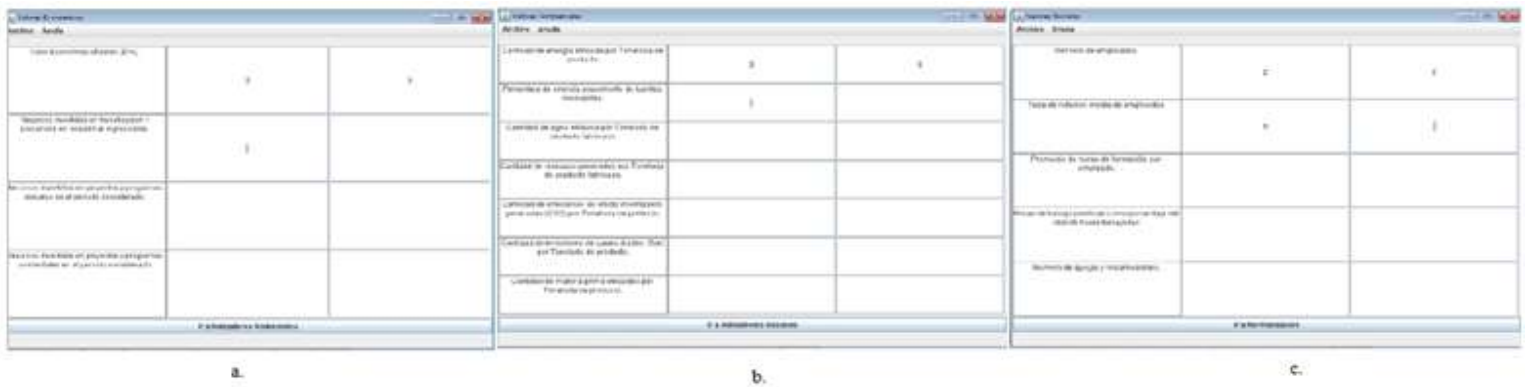


Figura 10. Visualización de los valores de los indicadores a. económicos, b. ambientales y c. sociales en el aplicativo (pantallas No. 5,6 y 7)

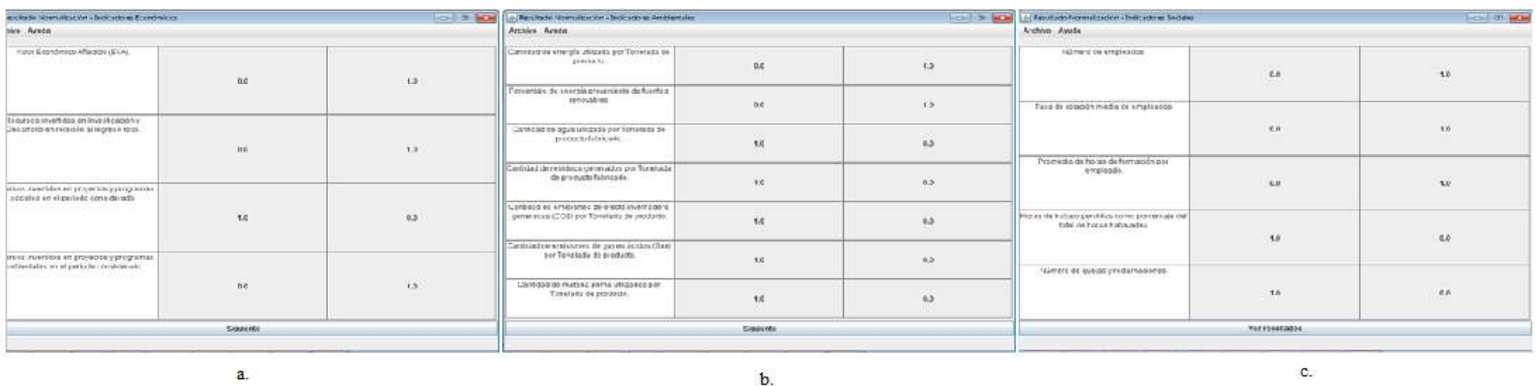


Figura 11. Visualización de la normalización de los valores de los indicadores a. económicos, B. ambientales y c. sociales en el aplicativo. (pantallas No. 8, 9 y 10).

The screenshot shows a window titled "Resultados Finales" with a menu bar containing "Archivo" and "Ayuda". The main content is a table with four rows and three columns. The first column lists the indicators, the second column shows their values, and the third column shows a secondary set of values.

Indicador	Valor 1	Valor 2
Indicador Económico	0.206	0.7140000000000000
Indicador Ambiental	0.701	0.2990000000000000
Indicador Social	0.462	0.538
Indicador Global Componente de Sostenibilidad	0.512487	0.487513

Figura 12. Visualización de Resultados Finales de los Indicadores Agregados y el IGCS en el aplicativo, (pantalla 11).