

Análisis de la relación de la Economía  
Sostenible con la localización de plantas en Colombia.

Autor

Genia Solangie Piñeros Castiblanco

Código 1.115.913.823

Monografía como requisito para optar por el título de Ingeniero Industrial.

Director

Janeth Lorena Valero Pabon

Ingeniera Industrial

M.S.C Planificación global

Ph.d. Ciencias Gerenciales

Programa De Ingeniería Industrial

Departamento De Ingenierías Mecánica, Mecatrónica E Industrial

Facultad De Ingenierías Y Arquitectura



Universidad De Pamplona

Pamplona Norte De Santander, Julio De 2019

## Tabla de contenido

Resumen.....	1
Palabras clave.....	2
Introducciòn .....	3
1. Desarrollo sostenible y sustentable. ....	4
2. Aplicaciòn de economías sostenibles en el mundo. ....	8
2.1 Productos de hormigòn y cemento .....	9
2.2 Productos cerámicos.....	10
2.3 Lodos de Planta de tratamiento de agua residual (PTAR).....	10
3. Relaciòn de la economía circular y desarrollo sostenible .....	12
4. Economía sostenible hacia una adecuada localizaciòn de plantas.....	15
4.1 Caso Ledesma. ....	15
4.2 Caso de la ciudad de Palpalá . ....	16
4.1. Método de puntuaciones ponderadas.....	22
4.2. Método de análisis de Costos .....	22
4.3. Método de Brown y Gibson .....	23
4.4. Método Carga-Distancia.....	23
5. Análisis de la relaciòn de economía Sostenible y localizaciòn de plantas. ....	25
Conclusiones .....	31
Referencias.....	32

## Tabla de ilustraciones

<i>Figura 1.</i> Desarrollo sostenible regional y Recursos naturales. ....	6
Figura 2. Aspectos e Indicadores sostenibles.....	7
Figura 3. Relación de la economía circular y lineal. ....	8
Figura 4. Factores Economía Sostenible .....	13
Figura 5. Evolución paralela de los conceptos de “Desarrollo sostenible” y “Economía circular” .....	14
Figura 6 Factores para localización.....	18
<i>Figura 7.</i> Relación de economía Sostenible y factores de localización. ....	19
<i>Figura 8.</i> Inclusión de Concepto sostenible en factores de localización .....	25

## Índice de Tablas

Tabla 1. Factores de Localización.....	18
Tabla 2 Costos Fijos por Ciudad.....	27
Tabla 3 Calculo de Factor Objetivo.....	28
Tabla 4 Determinacion del fator de Importancia.....	28
Tabla 5 Comparacion Pareada de los Factores.....	29

## **Análisis de la relación de la economía Sostenible con la localización de plantas en Colombia.**

### **Resumen**

Este trabajo se realiza con el fin de determinar que factores de localización además de los conocidos como lo son aspectos legales, disponibilidad de materia prima, aspectos legales, infraestructura, actitud y servicio de la comunidad se deben tener en cuenta a la hora de realizar una adecuada localización de plantas, entendiendo que los recursos con los que cuenta la tierra, son finitos y si no se hace una buena utilización de ellos, en algún momento se agotaran dejando desprotegidas futuras generaciones.

Además de la determinación de factores y sub-factores hacia una adecuada localización de plantas, es un proceso sistemático diferente para cada situación, pero la incorporación de sub-factores de ámbito social y ambiental es el objetivo de la presente investigación debido a que esto no han sido tomados en cuentas como referencia para la toma de decisiones, a la hora de hacer una adecuada localización de plantas que permitan integrarlos con el desarrollo sostenible. Se presentan algunos ejemplos de estudios donde se tienen en cuenta estos factores y se adaptan hacia como se pueden incluir en una localización de planta y a la vez lograr aportar hacia una población sostenible, se presentan algunos ejemplos de estudios donde se tienen en cuenta estos factores tendientes hacia una localización sustentable, y se adapta hacia como se pueden incluir en una localización de plantas, observando y analizando los diferentes métodos de localización propuestos por diversos autores.

El método para el desarrollo de la presente investigación, se basó en la revisión bibliográfica de diferentes documentos, dicha información dirigida al concepto de sostenibilidad, sustentabilidad, teniendo en cuenta que sostenible es el proceso mediante el cual se trata de

satisfacer las necesidades económicas, sociales y medio ambientales, sustentable es la preservación, conservación y protección de los recursos naturales y factores para la localización de plantas industriales, al igual que sus métodos, partiendo de las situaciones reales existentes encaminadas hacia aplicación de casos de economías sostenibles.

De acuerdo con lo anterior, se asentó en el contraste de diferentes autores, el grado de aplicación de métodos sostenibles, enfatizados a nuevos escenarios industriales y las posibles realidades futuras que se pueden desprender de la evolución de la utilización de recursos no renovables, relacionados con el aumento de la población sostenibles tenidos en cuenta como base para el cambio de una cultura poblacional.

#### **Palabras clave**

Sostenibilidad, sustentabilidad, Factores y Sub-Factores de Localización, métodos de localización de plantas.

## **Introducción**

La adecuada localización de plantas, parte de una adecuada identificación y evaluación de factores y sub-factores relacionados con el entorno, de posibles lugares a ubicar la planta, lo anterior parte del posible éxito o fracaso de la organización, el contenido de esta investigación se enfoca en el reconocimiento de diferentes situaciones documentadas, relacionadas con la reutilización de residuos como insumo para la producción de nuevos productos y eventos relacionados con la inclusión de factores sociales y medio ambientales, siendo éstos, evidencia hacia el direccionamiento de la vinculación de los mismos, utilizados en una localización de plantas industriales.

A finales del siglo XX empieza a tomar fuerza los términos desarrollo sostenible y sustentable siendo el punto de partida para un cambio de pensamiento y la creación de conciencia. En diversas partes del mundo el modelo de economía sostenible y sustentable ha tomado fuerza debido a que se han creado métodos y estrategias que conllevan a la reutilización de recursos para una nueva utilización.

Para una adecuada localización de plantas se mencionan algunos ejemplos relacionados con aspectos ambientales, también la identificación de los diferentes modelos de localización, orientados hacia un análisis relacionado con la economía sostenible, donde se identifica los métodos de localización existentes y de que forma se pueden incorporar los factores y/o sub-factores, siendo el método de Brown y Gibson, un método flexible que permite la incorporación de factores subjetivos en el momento de iniciar una localización de plantas, esto debido a que las organizaciones deben aportar al crecimiento sostenible de una sociedad.

## **1. Desarrollo sostenible y sustentable.**

El concepto de desarrollo sustentable o sostenible está aún en construcción y surge por vía negativa, como resultado de la situación mundial, que se puede describir como un momento crítico para el planeta, como una situación insostenible que amenaza gravemente el futuro de la humanidad, esto producto de las actividades sin realizar una predicción de los aspectos e impactos ambientales que estas pueden generar.

Originalmente el término desarrollo sustentable se le atribuye a la primera Ministra de Noruega Gro Harlem Brundtland quien en 1987, en el documento “Nuestro Futuro Común” lo define como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Fernández, 2000).( Rodríguez, I., & Govea, H. (2006). Pag 5).

El concepto fue aceptado en forma unánime por la comunidad internacional y contribuyó a movilizar las fuerzas sociales y políticas para que, más adelante, se efectuara la Conferencia de las Naciones Unidas sobre “Medio Ambiente y Desarrollo”. En el contexto de esta convocatoria surgió un programa global conocido como agenda 21 que pretendió normar el proceso de desarrollo con base en los principios de la sustentabilidad (Leff, 2001, Rodríguez, I, & Govea, H. (2006).Pag 6). A partir de allí, se ha convertido en la noción emblemática para la tematización de los problemas relacionados con el ambiente, afirmando que se trata de conseguir un tipo de desarrollo que satisfaga las necesidades actuales sin hipotecar o arriesgar las probabilidades de vida del hombre.

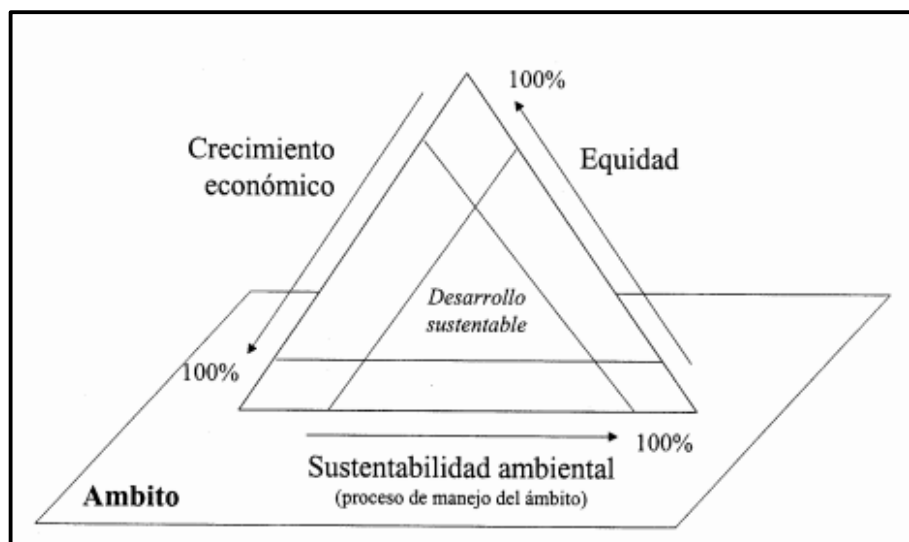
La sustentabilidad y sostenibilidad es usualmente explicada por factores económicos, sociales y ambientales refiriéndose a crecimiento económico, equidad y sustentabilidad



ambiental, dichas variables no necesariamente explican todo lo que lleva implícito el concepto de desarrollo sustentable y sostenible pero si es una buena medida del mismo.

La idea de un desarrollo sostenible, sin embargo, parte de suponer que puede haber desarrollo, mejora cualitativa o despliegue de potencialidades, sin crecimiento, es decir, sin crecimiento del capital físico, sin incorporación de mayor cantidad de energía ni de materiales. Dicho de otra manera no puede haber crecimiento indefinidamente en un mundo finito. Pero el desarrollo si es posible, posible y necesario, dado que las actuales formas de vida no pueden continuar, deben experimentar cambios cualitativos, tanto para la mayoría que viven en la precariedad como para el que vive medianamente confortable, y dichos cambios suponen un desarrollo pero no necesariamente un crecimiento.

Es importante resaltar que la sociedad se ha organizado para conducir procesos de gestión a nivel de territorios delimitados para alcanzar en gran medida metas de crecimiento económico y en ocasiones metas sociales, pero en muy poca medida para manejar territorios delimitados por razones naturales. Esto quiere decir que no existen bases de gobernabilidad para alcanzar en forma coordinada metas económicas, sociales y ambientales en territorios actualmente delimitados solo por razones político-administrativos. (Dourojeanni, A. (1999)Pág. 3).



*Figura 1. Desarrollo sostenible regional y Recursos naturales.*

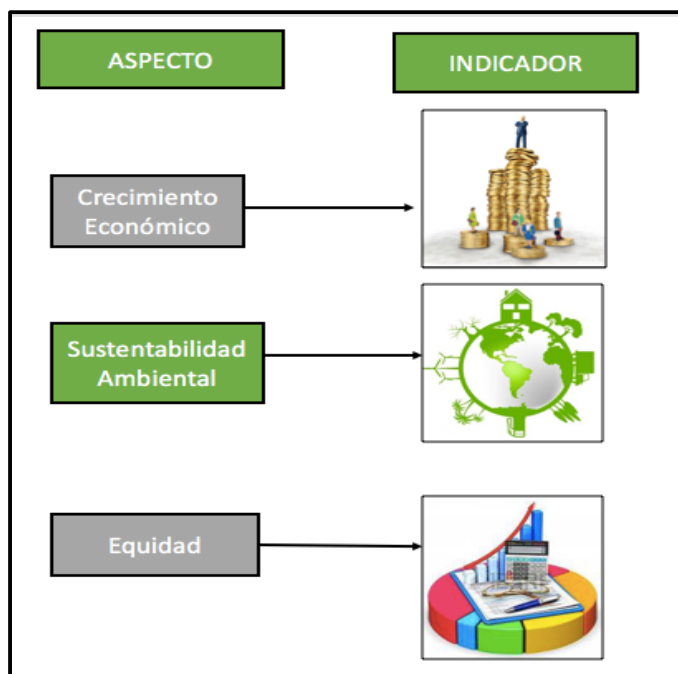
*Fuente: Dourojeanni, A. (1999). La dinámica del desarrollo sustentable y sostenible. Pág 4.*

El concepto de desarrollo sustentable y sostenible está además vinculado a categorías o escalas de calidad de vida y a la interacción entre habitantes y recursos de uno o más territorios según lo representado en la Figura 1. Esto explica porque el desarrollo está estrechamente relacionado a las demandas que exigen cada cultura o estilo de vida, y a la globalización de los procesos económicos, sociales y ambientales y a la capacidad negociadora entre regiones y países. El mismo tipo de consumo que se extiende a nivel global ejerce, cada vez más, una gran influencia en el medio social y ambiental de culturas antes muy diferentes que ahora buscan imitar lo que consideran más avanzado. (Dourojeanni, A. (1999). Pág. 4).

Es por esto que el llamado desarrollo sustentable es el efecto de un juego de procesos, que deben llevarse a cabo por generaciones venideras para su propio bienestar, dentro de condiciones de vida continuamente versátiles, y requiere de una política donde toda actividad productiva se ocupe de satisfacer las necesidades de la población actual, y se preocupe por atender las

necesidades de las generaciones futuras, en función de los recursos disponibles, lo que implica orden y límites que deben establecerse a la organización social actual.

Por otro lado, los tres objetivos (social, ambiental y económico) se verifican cotidianamente con indicadores que no tienen aún un denominador común. Son objetivos que se encuentran en diferentes planos a pesar de graficarlos en una sola por comodidad.



*Figura 2. Aspectos e Indicadores sostenibles.  
Fuente: Elaboración propia del autor.*

La mayoría de escenarios de desarrollo se expresan en indicadores económicos que en gran medida son monetarios. Dejando de lado la valorización a lo social y ambiental como se representa en la Figura 2 pesar de estar relacionadas, además la forma como el actual avance en la economía considera los aspectos ambientales y sociales no suministra aún suficiente información para tomar decisiones.

## 2. Aplicación de economías sostenibles en el mundo.

Se ha enfatizado hacia el modelo de economía sostenible donde se habla de la economía circular, la cual tiene como filosofía la reutilización de los desechos, convirtiendo estos en insumos para la elaboración de nuevos productos, disminuyendo así la generación de impactos ambientales a diferencia de la economía lineal como se evidencia en la figura 3, que pretende elaborar el producto, hacer uso del mismo y desechar los residuos.

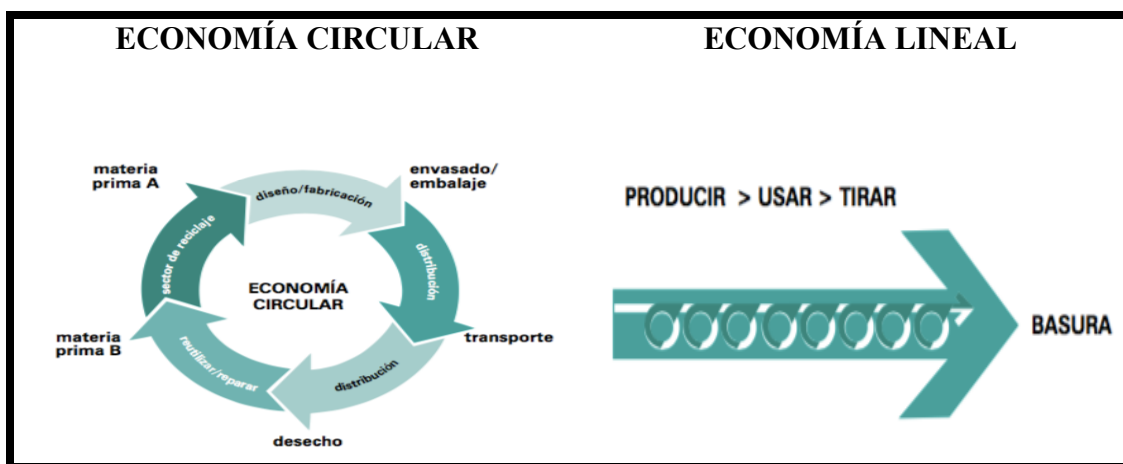


Figura 3. Relación de la economía circular y lineal.

Fuente: Balboa, C. H., & Somonte, M. D. (2014). *Economía circular como marco para el eco diseño: el modelo ECO-3*. Informador técnico.

Existen un sin número de aplicaciones e investigaciones sobre la optimización y reutilización de materiales y/ residuos producto de diferentes actividades productivas pero Guarín, A. S., Molina, J. S., & Díaz, J. C. L, 2017, en su Pepear “ Uso de nutrientes tecnológicos como materia prima en la fabricación de materiales de construcción ...”. Habla sobre la existencia y vinculación de la sostenibilidad como oportunidad para la generación de nuevos o mejorados materiales de construcción como lo son, productos de hormigón y cemento, cerámicos y otro ejemplo de economía sostenible como lo es la Reutilización de agua depurada de la PTAR (planta de tratamiento de agua residual), El Salitre en Bogotá.

## 2.1 Productos de hormigón y cemento

Teniendo en cuenta que entre el 8 y el 10 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> provienen de la fabricación del cemento, algunos autores han realizado estudios para reducir el consumo de energía durante su proceso de fabricación, incluyendo técnicas como la sustitución de un porcentaje de cemento por ceniza volante, el uso de otras puzolanas naturales, el desarrollo de hormigón con residuos de materiales y el nano concreto. (Guarín, A. S, Molina, J. S., & Díaz, J. C. L, 2017, Pag. 8).

Comparando las propiedades de ingeniería del concreto con adiciones de residuos de hormigón generados en la construcción y demolición, residuos de probetas de laboratorio de hormigón de una compañía de premezclado comercial, y un agregado regular del mercado, se obtuvo que los áridos compuestos con residuos son menos densos, menos porosos, con mayor absorción de agua y menor resistencia a la compresión, tensión y exión, siendo materiales útiles para aplicaciones que no requieran estar sometidos a grandes fuerzas. (Guarín, A. S, Molina, J. S., & Díaz, J. C. L, 2017, Pág. 10)

Diversos autores han logrado producir concreto reciclado con adiciones de residuos de neumáticos y botellas de plástico, en reemplazo al agregado grueso y arena en las mezclas comunes de concreto, encontrándose que el material posee un buen valor de resistencia a la tracción.

En otras aplicaciones civiles, como los bloques de concreto, se han realizado investigaciones para la adición de polímeros como el etileno acetato de vinilo (EVA), residuos de producción de plantillas y suelas, como agregado ligero en la fabricación de bloques de hormigón no estructurales. (Guarín, A. S, Molina, J. S., & Díaz, J. C. L, 2017, Pág. 9)

El bagazo de la molienda de piña de agave, aserrín y poliestireno expandido de empaques y embalajes, se han usado como elementos de refuerzo y estabilización de adobes , logrando un incremento en sus propiedades mecánicas, químicas, térmicas, densidad, entre otras, haciendo a estos materiales fuertes candidatos para la arquitectura de bajo costo, ya que el 50% de las casas del mundo están compuestas de este material. (Guarín, A. S, Molina, J. S., & Díaz, J. C. L, 2017, Pág. 9)

Dentro de los estudios para el uso de la cascarilla de arroz, se encontró que es posible usarla con o sin pretratamientos como aditivo en la fabricación de morteros ligeros de elevada porosidad, lo que la convierte en candidata para elaborar materiales de construcción para aislamiento térmico y acústico, pero debido a su baja resistencia mecánica en comparación a los morteros y hormigones tradicionales. (Guarín, A. S, Molina, J. S., & Díaz, J. C. L, 2017, Pág. 10).

## **2.2 Productos cerámicos**

La elevada demanda de productos cerámicos relacionada con el aumento de la población y como vista hacia la utilización de algunos residuos industriales como lodos de aguas residuales urbanas y de la industria cervecera, bagazo de caña, residuos del procesamiento de café, entre otros, han sido utilizados para mezclarse con arcilla para producir ladrillos, lozas, y demás productos cerámicos, (Guarín, A. S, Molina, J. S., & Díaz, J. C. L, 2017, Pág. 10).

## **2.3 Lodos de Planta de tratamiento de agua residual (PTAR)**

Urrea Vivas, M.A (2019) logra hacer un proceso de disminución de impactos ambientales con el procesamiento de aguas residuales como parte para la reincorporación en afluentes, adicionalmente en Bogotá se esta realizando la reutilización de agua depurada de la PTAR El Salitre, mediante un proceso de estabilización logra reducir el volumen al digerirse la materia

orgánica y hacer una producción de biogás por medio de un proceso de digestión anaerobia permitiendo que este fango sea reutilizado en actividades agrícolas , en industrias cementeras como combustible energético y en compostaje que se utiliza como fertilizante. Esto fomenta e impulsa a que la reutilización del agua y sus derivados se convierta en nuevos recursos, generando un desarrollo sostenible y disminuyendo los impactos ambientales.

Estos son algunos de los sin numero de casos que existen ya en Colombia de actividades relacionadas con sostenibilidad y vinculadas directamente con la economía circular, que permiten dar un ejemplo a las demás organizaciones que si existen métodos que generan mayor rentabilidad y que al mismo tiempo están contribuyendo con la disminución de impactos ambientales negativos al medio ambiente, al igual que la generación de mejor calidad de vida.

### **3. Relación de la economía circular y desarrollo sostenible**

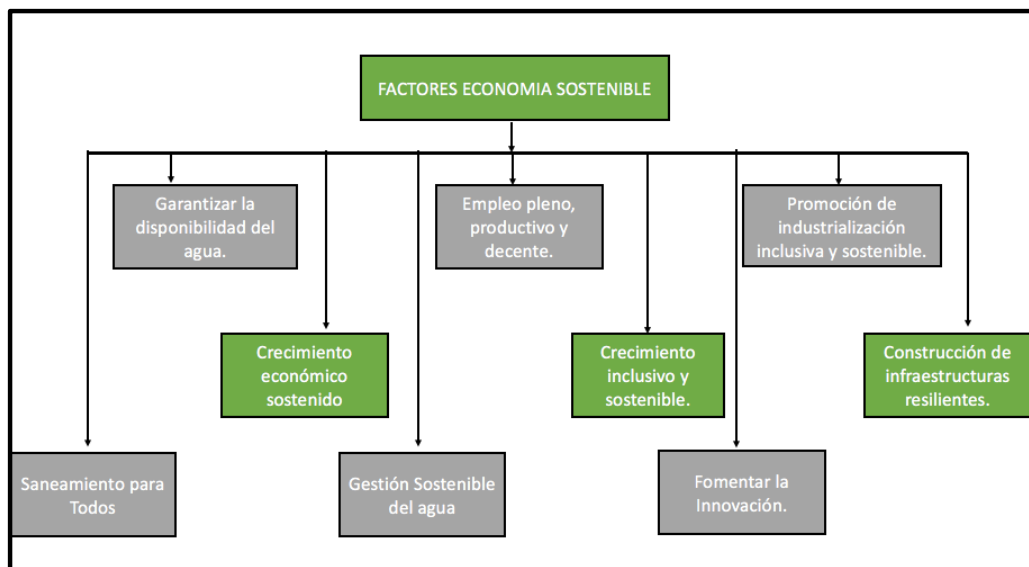
A medida que van pasando los años, se ha evidenciado un incremento poblacional tanto así que para el año 2030 se calcula un aumento de tres billones de consumidores en el mundo (Gonzalez Yuliana 2018, Pág 6), evidenciando esta cifra es importante visionar sobre el incremento de residuos que tendrá el mundo y a la vez indagar un poco sobre la energía renovable y no renovable que será utilizada por dicha población, una vez más incentivando a la generación de economías sostenibles que aporten un poco más al desarrollo sostenible de un país.

Visto de esta manera la economía circular es una alternativa que permite trabajar de la mano con el desarrollo sostenible en la búsqueda de la generación de oportunidades, que conlleva la utilización de recursos llamados desechos en materias primas o insumos que permitan la fabricación de nuevos productos que beneficien a una población, que satisfagan una necesidad al tiempo que se contribuye a la conservación y aprovechamiento de los recursos, aumentando el crecimiento económico y garantizando bienestar.

(Stahel Walter (1976) pag18), plantea y teoriza cómo un ciclo económico puede incrementar la creación de empleo, la competitividad, la reducción del uso de recursos y la generación de residuos, incluyendo principios relacionados con la durabilidad de los productos, asociados directamente con la sostenibilidad y crecimiento económico.

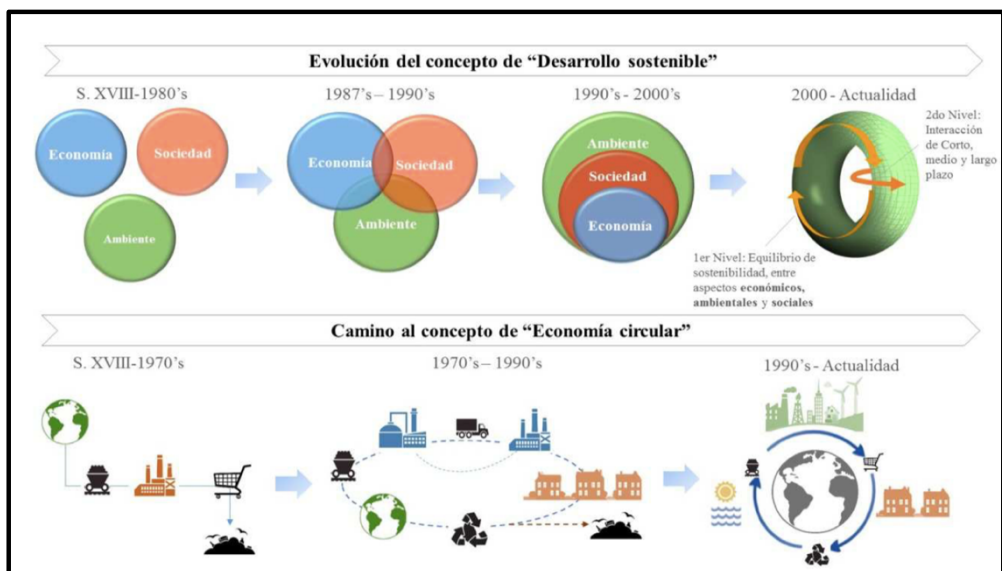


Sin embargo en búsqueda de la relación existente entre sostenibilidad y economía se encuentra que la mencionada se ve como una oportunidad visto del documento “La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible” donde se tienen en cuenta factores mencionados en la economía sostenible como lo indica la figura 4..



*Figura 4. Factores Economía Sostenible  
Fuente: Elaboración propia del autor*

Dicho de otro modo en el 2015 las naciones unidas decisión emprender una agenda con más de 193 países de Latinoamérica y el caribe junto a 19 objetivos generales de los cuales tres toman parte en el asunto de sostenibilidad, realizando un empuje en sus metas orientado hacia una economía circular, una vez más evidenciando la importancia de la sostenibilidad y la economía .



*Figura 5. Evolución paralela de los conceptos de "Desarrollo sostenible" y "Economía circular"*  
*Fuente: Prieto-Sandoval, V., Jaca-García, C., & Ormazabal-Goenaga, M. (2017). Economía circular*

Se Finaliza este apartado con esta relación gráfica evolutiva de la economía circular y desarrollo Sostenible en la figura 5 relacionado directamente con un movimiento circular donde se busca el cierre de un ciclo teniendo en cuenta el medio ambiente la economía y la sociedad términos directamente relacionados, dependientes y sobre todo en búsqueda de una mejor economía, aprovechamiento y conservación de recursos, y mejor calidad de vida.

#### **4. Economía sostenible hacia una adecuada localización de plantas.**

Antes de centrarse un poco en las diferentes teorías de localización, es importante para el contenido de esta investigación lograr establecer la posible incorporación de factores sociales, ambientales y económicos dirigida a la localización de plantas, sin antes mencionar algunos casos donde no se tubo en cuenta estos factores y la afectación social y ambientales existente como son los casos de la industrias Ledesma y el caso palpa en Argentina descritos a continuación.

##### **4.1 Caso Ledesma.**

Es emblemática el caso del Ingenio Ledesma, ubicado en el departamento del mismo nombre. En el año 2005, por primera vez en la Provincia de Jujuy se denuncia a una industria por contaminación. Un relato periodístico describe el impacto visual que produce el Ingenio Ledesma y sus desechos:(Carrillo, I. Lóndero, M. E. Matas, A. 2009 pag,116 ).

Hacia Pueblo Ledesma los cerros se desdibujan y su contorno parece de carbonilla, tiznado por un gris sucio. Tras la estación de servicio en la entrada al pueblo, las columnas de humo ascienden hasta perderse y se diluyen en el cielo. Junto a las chimeneas hay un médano de bagazo, el desecho de la caña que deja el Ingenio al descubierto. Lo recorren pequeños ríos como afluentes, es el licor biológico para el tratamiento de la celulosa y del papel. Sus esporas vuelan y contaminan todo. Es mucho peor que la situación que se vive en La Plata con la Destilería, porque, ni siquiera en la noche más despejada, el cielo está limpio.

Hacia el sector del Ingenio se ve a lo lejos una nube amorfa, una bruma gris ratón, una especie de frente de tormenta que nunca llega. Ledesma fabrica pasta de celulosa y, a su vez, este

producto es materia prima para producir papel; para ello utiliza cloro elemental, la tecnología de blanqueo más contaminante. (Carrillo, I. Lóndero, M. E. Matas, A. 2009 pag,116 ).

#### **4.2 Caso de la ciudad de Palpalá .**

Es conocida como la Ciudad Madre de la Industria, porque alberga alrededor de setenta establecimientos fabriles radicados en una población de aproximadamente 48 mil habitantes. En su gran mayoría, las fabricas instaladas en estos parques industriales se dedican a la fundición de minerales. Allí también se ubica la Planta de Celulosa. Un estudio de contaminación ambiental, realizado entre los meses de agosto y noviembre de 2004 por el Ministerio de Bienestar Social de Jujuy en la zona de parques industriales de Palpalá, informa que “la población está expuesta al plomo mediante la contaminación del aire, agua, suelos y alimentos. Entre las actividades principales que la causan están la minería y los procesos de fundición”. Estas industrias están ubicadas a menos de 100 metros de las viviendas –hay que considerar que el mismo estudio define como zona de alto riesgo “aquella situada en un radio de 1 a 2 kilómetros de la fuente emisora de plomo”–. Según el informe del Ministerio” (Carrillo, I. Lóndero, M. E. Matas, A. 2009 pag,117).

Se evidencia la importancia de la generación o procesamiento de una materia prima sin tener en cuenta aspectos relacionados con el bienestar de la sociedad (habitantes de sector), preservación y conservación de los recursos naturales. La localización de las organizaciones deben de dejar de lado procedimientos empíricos que conllevan inconvenientes relacionados con ambientes legales y fiscales.

La localización de plantas ha sido un tema histórico según Ballou (2004), donde existieron teorías clásicas de localización implantados por los economistas agrarios y geógrafos regionales

tales como Von Thunen, Palader, Loch, Hoover, GreenHut e Isard, con aportes reconocidos desde la revolución industrial, Drezner (2002) considero los fundamentos sobre la teoría de localización de instalaciones de almacén de forma tal que la distancia hacia los diferentes clientes fuera minimizada.

Chen (2014), considera que existen dos dificultades principales para la localización de plantas: la evaluación de factores y los enfoques matemáticos, los primeros en seleccionar los factores críticos en el establecimiento de las fábricas y los segundos se orientan en buscar la minimización de costos o la maximización del beneficio.

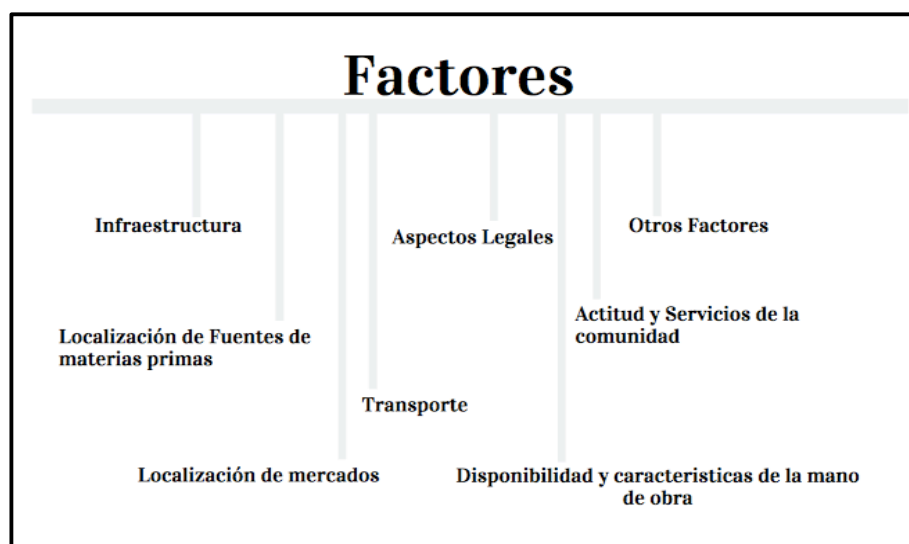
El trabajo se centra en temas contextuales donde la determinación de la localización de una planta, esta básicamente orientada a la evaluación de diferentes factores que permitan las mayores ganancias dentro de diferentes alternativas que se logren considerar factibles tanto económicamente como en el desarrollo competitivo y productivo de la organización. Basado en diferentes papear como lo son “localización de las instalaciones de Roberto Carro Paz y Daniel González Gómez” y “métodos Cualitativos de localización de planta por MC Sergio Humberto Romo Picazo”, se logro inferir algunos de los factores que influyen en la localización de plantas

Dentro de los cuales se encuentran algunos sub factores como los que encontramos en la Tabla 1 y descritos lineal mente en la figura 6:

Tabla 1. *Factores de Localización.*

Factores	Descripción
Localización de Mercado	Precios actual y futuro, localización geográfica, demanda, tendencia.
Infraestructura	Disponibilidad de energía, vías de comunicación, vías de acceso, disponibilidad y calidad del agua, disponibilidad de combustibles.
Localización de Fuentes de Materia Prima	Disponibilidad, archivo de proveedores, sustitutos en la MP, importaciones.
Aspectos legales	Impuestos, Incentivos, promociones, legislación aplicable.
Disponibilidad y características de mano de obra	Calidad, costo, relaciones sindicales, estabilidad de convenios.
Actitud y servicio de la comunidad	Costos de propiedad, aspectos culturales, aspectos religiosos, educación, servicios de salud.
Otros Factores	Sin numero de condiciones y situaciones a evaluar en el contexto en el que se van a realizar la localización de las respectivas plantas.

Fuente: Elaboración propia del autor.



*Figura 6* Factores para localización.  
Fuente: Elaboración propia del autor.

Dentro de los diferentes factores tenidos en cuenta para realizar una adecuada localización de plantas, no se evidencia según diferentes trabajo de investigación que hablan sobre la localización de plantas y economía sostenible, la inclusión de factores relacionados con la sostenibilidad, visto de este modo se realizo una propuesta descrita en la figura 7 que incluya dentro de los factores existentes, la parte social y ambiental en búsqueda de una localización que sea económicamente sostenible representados mediante la Figura 5.

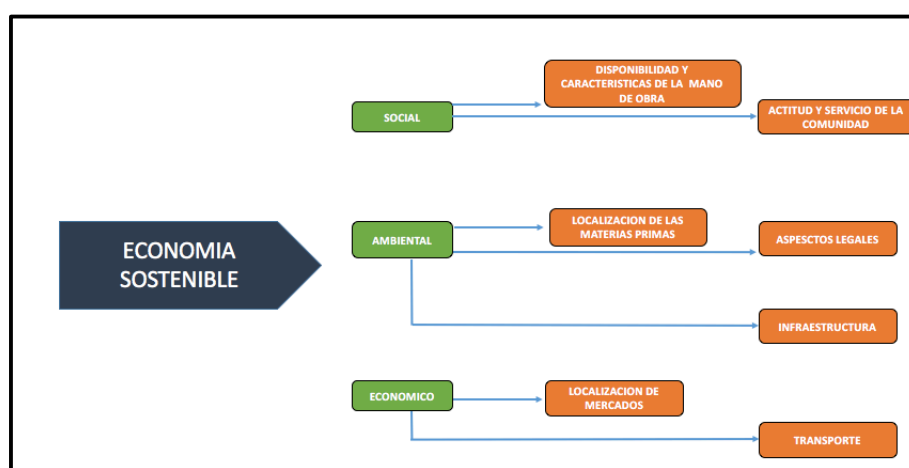


Figura 7. Relación de economía Sostenible y factores de localización.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Realizando una nueva lista de sub-factores que podrían ser tenidos en cuenta para dicho análisis de localización de plantas se agregan los siguientes.

- Localización de mercados: Precio con relación a la competencia y accesibilidad a los clientes
- Infraestructura: Los residuos generados permiten la reincorporación al sistema, ubicación de la planta con relación a la población .
- Localización de fuentes de materia prima: La materia prima utilizada es renovable

- Aspectos legales : Legislación vigente que fomente la generación de energías limpias y promueva la sostenibilidad.
- Disponibilidad y Características de la mano de obra: Generación de empleos
- Actitud y Servicio de la comunidad: Promover una mejor calidad de vida

Uno de los ejemplos de aplicación de estos sub-factores es el estudio comparativo de métodos multicriterio para el análisis de la localización sustentable de parques industriales regionales en la provincia de Córdoba en Argentina, se nombra un factor de localización llamado “Aspecto Urbanísticos donde hacer referencia a la preponderancia de vientos que eviten que los afluentes gaseosos lleguen y perjudique la ciudad donde se instalara el parque” Tavella, M., Miropolsky, A., & Manera, R. (2014), este estudio permite evidenciar la inclusión de factores relacionados con la sostenibilidad vinculados con la localización de un determinado espacio, utilizando un método llamado “método de ponderación lineal normalizado o Scoring Normalizado, donde permitió que se identificaran un conjunto de alternativas en búsqueda de la maximizar la satisfacción.

En Zaragoza España en el 2009 por Lamelas M.T se realizó un estudio que permitía mediante el método AHP, el cual implica la comparación de pares de criterios para el diseño de una matriz, dicho modelo metodológico facilitó la evaluación de georriesgos y georrecursos y la toma de decisiones sobre los diferentes usos del suelo, teniendo en cuenta aspectos geocientíficos aplicados a grandes ciudades con crecimiento de expansión. Se logra evidenciar iniciativas, aunque inicialmente no son para la preservación del recurso suelo, estas pueden ser tomadas para evitar la localización de industrias en lugares donde se va a ver impactado el recurso y que de una u otra manera puedan ser ubicadas cerca de áreas pobladas.



Teniendo en cuenta diversos autores se logra diferir que una adecuada localización de plantas industriales, compone evidentemente uno de los talentos fundamentales para lograr un éxito en términos rentables y sociales, o definitivamente conducir a un cierre o fracaso de la industria, desde el punto de vista de la sustentabilidad, es una situación que infiere una decisión mas profunda debido a que se deben tener en cuentas diferentes factores que aporten a esta definición, tratando de maximizar las utilizadas sin que se vean afectados factores como lo son el medio ambiente y la sociedad.

En este momento se es necesario tener en cuenta teorías relacionadas con la localización para Fabiola, C, & Gutiérrez, M. (2016). Habla que se debe tener en cuenta el entorno a localizar discriminándolo primero la Macro-Localización “Consiste en evaluar el sitio que ofrece las mejores condiciones para la ubicación del proyecto, en el país o en el espacio rural y urbano de alguna región”, como su nombre lo indica es una visión mas global de lo que se debe tener en cuenta al momento de localizar, se incluye en este apartado ejemplos como, localización de los insumos necesarios para elaborar los productos, medios de comunicación y transportes, normas y políticas entre otros.

En cuanto a la Micro localización Corrillo Machicado, F., & Gutiérrez Quiroga, M. (2016),pág. 1 ,dice que “Es la determinación del punto preciso donde se construirá la empresa dentro de la región, y en esta se hará la distribución de las instalaciones en el terreno elegido” teniendo en cuenta factores relacionados con ubicación de la competencia, servicios de comunicación, costo de transporte de insumos y de productos.

Dando continuidad a la teoría sobre localización de plantas industriales se tendrán en cuenta factores cuantitativos y cualitativos mencionados por, Carro, R, & González Gómez, D. A.

(2012), pág. 8, donde realiza un énfasis en “Analizar los datos recopilados comenzando con los factores cuantitativos”. Siendo necesario “Incorporar a la evaluación los factores cualitativos correspondientes a cada sitio”, plantea la forma adecuada de incorporar cada uno de estos dentro del proceso general de localización de plantas.

Algunos de los métodos de localización de plantas más usuales en la bibliografía son:

#### **4.1. Método de puntuaciones ponderadas**

Como su nombre lo indica se encarga de ponderar, partiendo de la importancia de los factores dada por el autor, teniendo su nivel de prioridad hacia la adecuada ubicación de la planta, siendo de esta forma, se le asignara una puntuación que al realizar la sumatoria de las mencionadas no se eleve más de 1. Posteriormente se le delega un peso ponderado de las ciudades a escoger con proporción a cada uno de los factores previamente determinados, a base de porcentajes, estos se deben operar después por la ponderación correspondiente y este resultado nos indica el grado de inclinación hacia la ubicación, siendo la sumatoria de más valor la ciudad a ubicar la planta.

#### **4.2. Método de análisis de Costos**

Este método necesita tener una visión casi exacta del nivel de producción esperada para la planta de producción, en cada una de las alternativas de localización, así como los costos de instalación y operación. De esta forma usualmente es un proceso aplicado para proyectos con alto nivel de inversión económica y a proyectos definidos. (Tawfik, 1993).

### 4.3. Método de Brown y Gibson

Este método combina factores objetivos posibles de cuantificar con factores subjetivos que se pueden valorar en términos relativos. La aplicación de este enfoque se inicia con una primera etapa de eliminación de todas aquellas alternativas que no cumplen con los requisitos mínimos exigidos a la localización del proyecto. (Chaves, Miguel 2010).

Posteriormente, reconoce un proceso que consta de unas etapas llamadas:

- Asignar un valor relativo a cada Factor Objetivo (FO<sub>i</sub>) para cada localización optativa viable.
- Estimar un valor relativo de cada Factor Subjetivo (FS<sub>j</sub>) para cada localización optativa viable
- Combinar los Factores Objetivos y Subjetivos, asignándoles una ponderación relativa para obtener una medida de preferencia de localización (MPL).
- Seleccionar la ubicación que tenga la máxima medida de preferencia de localización.

Carro, R, & González Gómez, D. A. (2012).

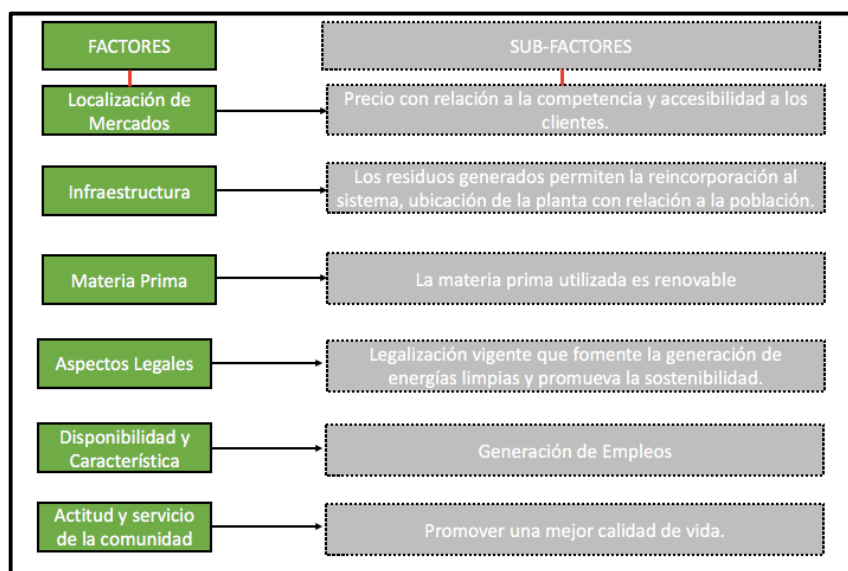
### 4.4. Método Carga-Distancia

En dicho método se profesional encargado del proceso de Localización de plantas, tendrá en cuenta factores cuantitativos relacionados con la distancia, transformándolo en un modelo matemático donde se identifica aspectos relacionados con la Proximidad, el objetivo es determinar una localización que disminuya totalmente las cargas ponderadas que ingresan y salen de la planta.

Lo anterior como algunos de los muchos métodos para la localización de planta, debido a que con el pasar del tiempo se han hecho investigaciones que conllevan a la integración de distintos métodos, con el fin de consolidar uno donde incluya de manera minuciosa cada uno de los factores tomados en las metodologías, esto con el fin de prever riesgo en el momento de la inversión para una localización de plantas Industriales.

## 5. Análisis de la relación de economía Sostenible y localización de plantas.

Durante el contenido de esta investigación se ha indagado sobre la inclusión de la sostenibilidad figura 8, para la localización de plantas, evidenciando algunos ejemplos de aspectos positivos productos de la inclusión de estas definiciones convertidas en factores de localización, la investigación pretende realizar una propuesta de cómo sería la interrelación de economía sostenible y la localización dicha información reflejada en la Figura 6.



*Figura 8. Inclusión de Concepto sostenible en factores de localización*

*Fuente: Elaboración propia del autor.*

Realizando la inclusión de factores relacionados con el medio ambiente y la parte social, se realizan los pasos para la realización de una localización de plantas industriales planteados en el cuerpo de esta investigación, identificando los factores aplicables para la misma, debido a que la determinación de factores nace de una necesidad diferente cada vez que se emprende este proceso.

Existe la probabilidad de que algunos de los Sub-factores mencionados en la Figura 6 no se cumplan, caso particular los sub-factores relacionados con la parte ambiental, pero es

conveniente que se realice un direccionamiento hacia la identificación, medición y control de aspecto e impactos ambientales, es otro método que permite identificar mediante un procesos de valoración, cual será el impacto que como organización, se tendría antes de realizar la respectiva localización, sin dejar de un lado que en este proceso se hacen planes de acción, que permiten reducir dicho impacto, actividad que influye directamente con sostenibilidad en su factor “medio-ambiental”.

Uno de los métodos que permite subjetividad y flexibilidad a la hora de realizar localización de plantas, identificando libremente los sub-factores, teniendo en cuenta factores generales como lo muestra la Ilustración 4, es el método de Brown y Gibson en el momento de la determinación de sub-factores se pueden incluir los mencionados, tomando como ejemplo una aplicación donde se hace énfasis en los pasos para la aplicación.

Este método combina factores posibles de cuantificar ( factor. Objetivos) con factores subjetivos a los que se asignan valores ponderados de peso relativo. El método consta de cuatro etapas.

- Asignar un valor relativo a cada factor objetivo  $FO_i$  para cada localización optativa viable.
- Estimar un valor relativo de cada factor subjetivo  $FS_i$  para cada localización optativa viable.
- Combinar los factores objetivos y subjetivos asignándoles una ponderación relativa para obtener una medida de preferencia de localización (MPL).
- Seleccionar la ubicación que tenga la máxima medida de preferencia de localización, utilizando para ello las siguientes formulas.

$$MPL_j = K * (FO_i) + (1 - K) * (FS_j)$$

K: Lo definen los expertos oscila entre 0 y 1, representa la importancia de los factores objetivos y los factores subjetivos.

$$FO_i = \frac{\frac{1}{C_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}}$$

$$FS_i = \sum_{j=1}^n Rij * Wj$$

$Rij$  = Comparacion pareada

$Wj$  = Indices de importancia relativa que dan los expertos a los Factores Subjetivos

Una de las formas de identificar la aplicación de este método es mediante el siguiente ejemplo. Una empresa manufacturera tiene la necesidad de aumentar su capacidad de producción, para lo cual requiere la construcción de una nueva planta, se consideran tres posibles ciudades Bogotá, Medellín y Cali.

La suma de los costos fijos de energía, impuestos y agua para cada ubicación se presentan en la tabla 2.

Tabla 2 Costos Fijos por Ciudad

Ciudad	$C_i$
Bogotá	37388,6
Medellín	39382,7
Cali	38108,9

Fuente: Modificado por el autor, de Carro, R, & González Gómez, D. A. (2012). Localización de instalaciones

Aplicando la formula.

$$MPL_j = K * (FO_i) + (1 - K) * (FS_j)$$

Los expertos definen el valor de K con K=0,75.

Aplicando la formula.

$$MPL_j = K * (FO_i) + (1 - K) * (FS_j)$$

$$MPL_j = 0,75 * (FO_i) + (0,25) * (FS_j)$$

$$FO_i = \frac{\frac{1}{C_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}}$$

El calculo del factor Objetivo para cada ubicación se presentan en la tabla 3.

Tabla 3 *Calculo de Factor Objetivo*

Ubicación	Costo	Factor
Ciudad	$C_i$	$\frac{1}{C_i}$
Bogotá	37388,6	0,00002676
Medellín	39382,7	0,00002539
Cali	38108,9	0,00002624
Total		0,00007838
		1

Fuente: Modificado por el autor, de Carro, R, & González Gómez, D. A. (2012). Localización de instalaciones.

Calculo de factores Subjetivos.

$$FS_i = \sum_{j=1}^n Rij * Wj$$

Los expertos definen los índices de importancia relativa  $Wj$ . Este es definido por numero de personas que están haciendo el análisis evidenciado para este caso de aplicación la tabla 4..

Tabla 4 *Determinacion del fator de Importancia.*

Factor	Índ de importancia Relativa $Wj$
Los residuos generados permiten la reincorporación al sistema	0,6667
Generación de empleos	0,3333
Promover mejor calidad de vida	0
Total	1

Fuente: Modificado por el autor, de Carro, R, & González Gómez, D. A. (2012). Localización de instalaciones

De acuerdo a la información suministrada para los valores subjetivos y aplicando comparación pareada como se muestra en el cuadro se obtienen los Rij. Es importante tener



presente que el numero de comparaciones se encuentra relacionado con la cantidad de expertos que están haciendo el análisis de la localización de plantas que para este caso se evidencian en la tabla 5.

Tabla 5 Comparacion Pareada de los Factores

Factor	Los residuos generados permiten la reincorporación al sistema					Generación de empleos			Promover mejor calidad de vida					
	Comparación		Suma	Rij	Comparación		Sum	Rij	Comparación		Sum	Rij		
Ciudad	n						a		n		a			
Bogotá	1	1	0	2	0,5	0	0	0	0	0	1	0	1	0,25
Medellí	0	0	1	1	0,25	1	0	1	2	0,5	1	0	1	0,5
Cali	0	0	1	1	0,25	0	1	1	2	0,5	0	1	0	0,25
	Total			4	1	Total		4	1	Total			4	1

Fuente: Modificado por el autor, de Carro, R, & González Gómez, D. A. (2012). Localización de instalaciones

$$FS_i = \sum_{j=1}^n Rij * Wj$$

$$FS_i = \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0,25 \\ 0,25 & 0,5 & 0,5 \\ 0,25 & 0,5 & 0,25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,6667 \\ 0,3333 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} FS_{BOG} & 0,333 \\ FS_{MED} & 0,333 \\ FS_{CALI} & 0,333 \end{matrix}$$

$$(0,5 * 0,6667) + (0 * 0,3333) + (0,25 * 0) = 0,333$$

$$(0,25 * 0,6667) + (0,5 * 0,3333) + (0,5 * 0) = 0,333$$

$$(0,25 * 0,6667) + (0,5 * 0,3333) + (0,25 * 0) = 0,333$$

$$FS_{BOG} = 0,75 * (0,341) + 0,25 * (0,333)$$

$$FS_{MED} = 0,75 * (0,324) + 0,25 * (0,333)$$

$$FS_{CALI} = 0,75 * (0,335) + 0,25 * (0,333)$$

$$FS_{BOG} = 0,339$$

$$FS_{MED} = 0,326$$

$$FS_{CALI} = 0,334$$

Es evidente que mediante la aplicación de un ejemplo rutinario, se puede incluir factores sostenibles, los cuales permiten ser parte de la toma de una decisión, con relación a localización de plantas, la identificación de factores es infinita, debió a que este método no exige restricción alguna de la cantidad de los mismos.

Siendo la anterior una evidencia que permite incluir aspectos sostenibles y tener en cuenta factores, que aumentan la conservación del medio ambiente y la mejor calidad de vida para una población; sin ser menos importante con relación a la generación de utilidades se hace interesante la implementación de procesos sostenibles, como iniciativa para la prevención de un ambiente contaminado, y contribuyendo de esta forma, hacia la visión de una nueva cultura que fomente espacios medio-ambientales y sociales habitables para futuras generaciones, de la mano con la creación de procesos y localización de plantas adecuadas en relación a los factores de localización tradicionales, como a los factores de localización que respaldan la sostenibilidad.

## Conclusiones

El evidente agotamiento de los recursos y el cambio climático, han desenvuelto la inclusión de el termino sostenible, siendo así este uno de los factores no menos importante en relación a los técnicos, económicos o financieros hacia una evaluación de localización de plantas, el entorno medio ambiental y social, siendo imprescindibles para que una organización avance en temas relacionados con innovación sostenible que a largo plazo van a generar beneficios económicos, siendo actividades industriales directamente amigables con el medio ambiente y la sociedad.

El reconocimiento de la implementación de técnicas y/o modelos sostenibles en el mundo y en Colombia, solidifico más la ideológica de inclusión de factores o sub-factores sostenibles relacionados con el medio ambiente y la sociedad, para el análisis de una localización de plantas industriales, debido a que el método de Brown y Gibson permite la inclusión de factores de acuerdo a las necesidades de la industria a localizar. Esto permite que las industrias sean subjetivas a la hora de localizar y así aportar más en este proceso transitorio de sostenibilidad que enfrenta el país.

La sostenibilidad es una de las realidades venideras, a las cuales se ve encaminado el país y el mundo debido a la reacción que tiene el planeta debido a el no uso adecuado de los recursos naturales y al no diseño de metodología que permitan la reutilización como insumo para la producción de nuevos productos, es por esto que cada uno de los pasos relacionados hacia crear industria debe incorporar técnicas sostenibles, que ayuden con esta problemática mundial , al mismo tiempo que estas están generando recursos económicos, mejorando las condiciones medio ambientales y mejor calidad de vida para la población

## Referencias

- Ballou, R. (2004). *Business Logistic Management. Planning,, Organizing and Controlling the Supply Chain*. New Jersey: Prentice Hall.
- Bosque Sendra, J., & Franco Maass, S. (1995). Modelos de localización-asignación y evaluación multicriterio para la localización de instalaciones no deseables.
- Carrillo, I.; Lóndero, M. E.; Matas, A. (2009) El sector industrial en Jujuy: Un análisis desde la teoría de la localización y la problemática del medio ambiente. *Revista de estudios regionales y mercado de trabajo* (5), 101-124. En *Memoria Académica*. Disponible en: [http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art\\_revistas/pr.4522/pr.4522.pdf](http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4522/pr.4522.pdf)
- Chavez Orduña Miguel (2010). Tesis, Estudio de Localizacion para una empresa fabricante de Herramientas, pp 24
- Corrillo Machicado, F., & Gutiérrez Quiroga, M. (2016). Estudio de localización de un proyecto. *Revista Ventana Científica*, 29.
- Carro, R, & González Gómez, D. A. (2012). Localización de instalaciones. pag 8
- Chen, L., Olhager,, J., & Tang,, O. (2014)). Manufacturing facility location and sustainability: A literature re view and research agenda . *International Journal of Production Economics*,, 149 (11)), 154 - 163.
- Drezner, Z, & Salhi, S. (2002). Solving the multiple competitive facilities location problem. *European Journal of Oprational Research*, 142 (11)), 138 - 151.
- Dourojeanni, A. (1999). La dinámica del desarrollo sustentable y sostenible pag 4

Fabiola, C., & Gutierrez, M. (2016). Estudio de localización de un proyecto. *Ventana Científica Vol, 7*.

Guarin, A. S., Molina, J. S., & Díaz, J. C. L. (2017). Uso de nutrientes tecnológicos como materia prima en la fabricación de materiales de construcción en el paradigma de la economía circular. *Respuestas*, 22(1), 6-16.

González, M., & Yuliana, A. (2018). Economía circular crecimiento inteligente, sostenible e integrador.

Lamelas, M. T. (2009). Esquema metodológico para la toma de decisiones sobre el uso sostenible del suelo: Aplicación a la localización de suelo industrial. *Geofocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (9).

Naciones Unidas (2018), *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3)*, Santiago.

Prieto-Sandoval, V., Jaca-García, C., & Ormazabal-Goenaga, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación.

Rodríguez, I., & Govea, H. (2006). El discurso del desarrollo sustentable en América Latina. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, 12(2), 37-63, pag 5.

SapagC.ySapagR.PreparaciónyEvaluacióndeProyectos,5aed. McGraw-Hill, México 2007.

Tavella, M., Miropolsky, A., & Manera, R. (2014). Estudio Comparativo de Métodos Multicriterio para el análisis de la Localización Sustentable de Parques Industriales

Regionales. Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1(1), 41

Tawfik, L. Y Chauvel A.M., Administracion de la producción, McGraw-Hill, Mexico, pp.108-127.

Urrea Vivas, M. A. (2019). Reutilización de agua depurada de la PTAR El Salitre, Bogotá, Colombia. Un ejemplo de economía circular (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).