



Conjunto de Indicadores de Desempeño Energético para benchmarking del sector industrial y su uso en las aplicaciones de la norma ISO 50001.

Trabajo de Diploma en opción al título de
Ingeniero Mecánico.

Autor: Braulio Sánchez Rodríguez.
Tutor: Dr. José P. Monteagudo Yanes.

Año 54 de la Revolución.
20 de Junio de 2012.
Cienfuegos, Cuba.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.



Hago constar que el presente Trabajo de Diploma realizado en la Universidad de Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica; autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total, y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esa envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico Técnica

Firma

Firma del Tutor

Firma del Tutor

Sistema de documentación de proyectos.

Firma

Dedicatoria.

Dedico este Trabajo de Diploma a mi familia: mi mamá, mi papá, mi hermano y a mi novia.

Agradecimientos.

No hubiera sido posible haber culminado esta etapa de mi vida sin el apoyo incondicional de las personas que guiaron e hicieron posible que hoy me graduara. Por ello agradezco a:

Primeramente a mi madre por traerme a este mundo y haberme ayudado tanto en la realización de este trabajo.

A mi padre que fue el que me inspiró a seguir su camino profesional.

A mi hermano por también aportar su granito de arena.

A mi novia por darme su amor, comprensión y seguirme en todo momento.

A mi tutor por haber confiado en mí y a todo el colectivo de profesores de la Facultad de Mecánica que de una forma u otra me formaron como un futuro profesional.

Resumen.

En el presente trabajo se realiza la consulta bibliográfica y se sintetiza la tendencia actual del uso de las fuentes energética, la situación energética mundial y las graves consecuencias que padecerá la sociedad si no se toman medidas urgentes para el uso y consumo de la energía y el impacto ambiental asociado a este gran problema.

Se presenta algunos de los principales problemas energéticos que enfrenta el mundo contemporáneo, donde las necesidades energéticas se cubren con los combustibles fósiles, su impacto ambiental y se hace un resumen de indicadores energéticos utilizados en diferentes organizaciones.

Se analiza la situación energética especialmente en lo relacionado con el estudio de la gestión de la energía, el estado actual y las tendencias de desarrollo de las normas de sistemas de gestión energética. Se presenta la Norma Internacional ISO 50001 cuyo propósito es facilitar a las organizaciones establecer los procedimientos necesarios para mejorar su desempeño energético.

Se lleva a cabo el estudio de diferentes modelos de sistemas de gestión energética para evaluar sus resultados, características comunes y diferenciadoras en su aplicación.

Se valoran los criterios de las diferentes normas de eficiencia energética a nivel mundial a tener en cuenta en los sistemas de gestión para la definición de la “línea base energética” y los “indicadores de desempeño energéticos” para el diagnóstico y control energético.

Se revisan base de datos de indicadores energéticos para benchmarking de los sectores industriales a nivel mundial, y se logra compilar en un amplio resumen los indicadores de once sectores industriales como base para el benchmarking energético en nuestro país.

Nomenclaturas y Símbolos.	
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación.
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares.
bpd	Barriles por Día
CAC	Captura y Almacenamiento de Carbono.
CDE	Capacidad de Destilación Equivalente.
CO ₂	Dióxido de Carbono
EII	Índice de Intensidad Energética.
ESI	Índice de Sustentabilidad Ambiental.
FCC	Craqueo Catalítico Fluido.
GCI	Índice de Competitividad Global.
GNL	Gas Natural Licuado.
IDEn	Indicador de Desempeño Energético.
IE	Intensidad Energética.
IEA	Agencia Internacional de la Energía
IEDS	Indicador Energético del Desarrollo Sostenible.
ISO	Organización Internacional de Estandarización.
OCDE	Organización de Cooperación al Desarrollo Económico.
OPEP	Organización de Países Exportadores de Petróleo.
PGB	Producto Geográfico Bruto.
UEE	Uso eficiente de la energía.
USD	Dólar Estadounidense
VA	Valor Agregado.

Índice.

Introducción.	1
Capítulo 1: Estado actual y tendencias de desarrollo de los sistemas de gestión energética. La definición de indicadores energéticos de los principales sectores del mundo.	3
1.1 Antecedentes.	3
1.2. Impacto ambiental del consumo energético.	6
1.3. Los problemas energéticos del mundo contemporáneo	10
1.4. Indicadores energéticos usados a nivel para el control energético de diferentes sectores industriales.....	22
1.4.1. Indicadores de eficiencia energética.....	25
1.4.2. Indicadores de eficiencia económica.	28
Conclusiones parciales.	31
Capítulo 2. Los sistemas de gestión energética y su aplicación en los principales sectores industriales del mundo de hoy.	32
2.1. Análisis de las tendencias en el desarrollo de los sistemas de gestión energética.	32
2.2. Desarrollo normativo de los sistemas de gestión energética. El paso a la norma ISO 50001 y su papel en el mundo de hoy.	39
2.3. Características comunes de los sistemas de gestión energética aplicadas a la industria.....	42
2.4 Criterios de las diferentes normas de eficiencia energética a nivel mundial a tener en cuenta en los sistemas de gestión para la definición de la “línea base energética” y los “indicadores energéticos” para el diagnóstico y control energético.	48
Conclusiones parciales:	58
Capítulo 3. Base de datos de indicadores energéticos para benchmarking de los sectores industriales a nivel mundial.	59
3.1. Refinerías de petróleo.	59

3.1.1. Tipos de refinería.....	59
3.1.2. Indicadores de desempeño energético.	61
3.2. Industria del Cemento.	65
3.2.1. Indicadores de desempeño energético.	67
3.3. Industria de Pastas y Papel.....	68
3.3.1. Pastas mecánicas.	69
3.3.2. Pastas Químicas.....	71
3.3.3. Pastas a partir de Papel Recuperado.....	77
3.3.4. Fabricación de papel.....	78
3.3.5. Indicadores de desempeño energético.	79
3.4. Industria de la Cerveza.	80
3.4.1. Malteado del cereal.	81
3.4.2. Obtención del mosto o cocimiento.	82
3.4.3 Fermentación y añejamiento.....	84
3.4.4. Envasado.....	85
3.4.5. Indicadores de desempeño energético.	86
3.5. Benchmarking de algunos sectores industriales.	87
Tabla 3.2. Benchmarking de la Industria del Refino de Hidrocarburos.....	87
Tabla 3.3. Benchmarking de la Industria del Cemento.	87
Tabla 3.4. Benchmarking de la Industria de Pastas y Papel.	89
Tabla 3.5. Benchmarking de la Industria Cervecera.....	91
Tabla 3.6. Benchmarking de la Industria del Hierro y el Acero.	92
Tabla 3.7. Benchmarking de la Industria del Aluminio.	92
Tabla 3.8. Benchmarking de la Industria del Cobre.....	93
Tabla 3.9. Benchmarking de la Industria de la Cerámica.	93
Tabla 3.10. Benchmarking de la Industria del Vidrio.	93
Tabla 3.11. Benchmarking de la Industria del Ladrillo.	94
Tabla 3.12. Benchmarking de la Industria Textil.	94
Conclusiones parciales:	96
Conclusiones generales.	97

Recomendaciones.....	98
Bibliografía.....	99
Anexo 1. Diagrama de proceso de una refinería de petróleo.	102
Anexo 2. Diagrama de proceso de una fábrica de cervezas.	103

Introducción.

La humanidad, desde tiempos inmemoriales, enfrenta numerosos problemas de carácter social, políticos, económicos y tecnológicos. Su desarrollo se ha basado en el aprovechamiento de los combustibles fósiles: petróleo, carbón y gas natural. El uso indiscriminado de estos ha provocado el deterioro ambiental que puede llegar a niveles inadmisibles si no se toman medidas oportunas.

Motivo del tema anterior es que hoy el desarrollo de la humanidad debe ser sustentado sobre la base de la eficiencia y la planificación precisa de sus necesidades energéticas. Para lograr este objetivo, es recomendable que las organizaciones empresariales e institucionales utilicen las normas internacionales en materia energética, modelos de sistemas de gestión energética o buenas prácticas que le permitan el uso y consumo eficiente de la energía.

La gestión energética, se ha convertido en una parte cada vez más importante de la gestión empresarial, que comprende las actividades necesarias para satisfacer eficientemente la demanda energética, con el menor gasto y la mínima contaminación ambiental posible.

A las prácticas habituales de las organizaciones se le puede incorporar la gestión energética basada en ciclo de mejora continua Planificar-Hacer –Verificar – Actuar (PHVA). Dentro de los aspectos importantes de este ciclo se encuentra la línea base energética y los indicadores de desempeño.

Una de las técnicas actuales de análisis de los indicadores de desempeño es benchmarking. El cual se utiliza para comparar diferentes organizaciones en cuanto a su competitividad en el uso de la energía.

Problema Científico: Las organizaciones empresariales en Cuba no cuentan con indicadores de desempeño energéticos que permitan su comparación respecto a organizaciones similares nacionales e internacionales, considerando el uso eficiente de la energía.

La identificación de este problema ha permitido formular la siguiente **Hipótesis:**

La obtención y organización del conjunto de indicadores de desempeño energéticos del sector industrial a nivel internacional, posibilitará al sector industrial cubano

contar con una base de información que permita realizar el benchmarking energético para lograr una gestión eficiente de la energía.

Objetivo General.

Recopilar y resumir las bases de datos a nivel internacional de indicadores de desempeño energéticos del sector industrial para la realización del benchmarking energético con el sector industrial cubano.

Objetivos Específicos.

1. Analizar el estado actual y las tendencias de desarrollo de los sistemas de gestión y definición de indicadores energéticos del sector industrial.
2. Definir los criterios a tener en cuenta en un sistema de gestión para definir la línea base y los indicadores de desempeño energético en los principales sectores industriales a nivel mundial.
3. Elaborar base de datos de indicadores energéticos para benchmarking de sectores industriales a nivel mundial.

Capítulo 1: Estado actual y tendencias de desarrollo de los sistemas de gestión energética. La definición de indicadores energéticos de los principales sectores del mundo.

1.1 Antecedentes.

La necesidad de energía es una constatación desde el comienzo de la vida misma. Un organismo para crecer y reproducirse precisa de energía, el movimiento de cualquier animal supone un gasto energético, e incluso el mismo hecho de la respiración de plantas y animales implica dicha acción. En todo lo relacionado con la vida individual o social está presente la energía.

La existencia de todas las formas de vida en el planeta está sustentada por un conjunto de transformaciones energéticas que conforman los llamados ciclos energéticos vitales. La obtención de luz y calor está vinculada a la producción y al consumo de energía. Ambos términos son imprescindibles para la supervivencia de la tierra y consecuentemente de la vida vegetal, animal y humana.

El ser humano desde sus primeros pasos en la tierra, y a lo largo de la historia, ha sido un buscador de formas de generación de esa energía necesaria y facilitadora de una vida más agradable. Gracias al uso y conocimiento de las formas de energía ha sido capaz de cubrir necesidades básicas tales como: luz, calor, movimiento, fuerza, y alcanzar mayores cotas de confort para tener una vida más cómoda y saludable.

El descubrimiento de la existencia de "almacenes energéticos naturales" y de que la energía se encuentra almacenada en diversas formas en la naturaleza ha supuesto a las diferentes sociedades a lo largo de los tiempos, que aparentemente eran de libre disposición. Unido a esto, el hombre ha descubierto que estos almacenes de energía disponibles en la naturaleza (masas de agua, direcciones de viento, bosques) eran susceptibles de ser transformadas en la forma de energía precisa en cada momento (luz y calor inicialmente, fuerza y electricidad con posterioridad), e incluso adoptar nuevos sistemas de producción y almacenamiento de energía para ser utilizada en el

lugar y momento deseado: energía química, hidráulica, nuclear.¹; por lo que la energía posibilita y facilita toda la actividad humana.

En tecnología y economía, una fuente de energía es un recurso natural, así como la tecnología asociada para explotarla y hacer un uso industrial y económico del mismo. La energía en sí misma nunca es un bien para el consumo final sino un bien intermedio para satisfacer otras necesidades en la producción de bienes y servicios. Al ser un bien escaso, la energía es fuente de conflictos para el control de los recursos energéticos.

La energía² es imprescindible para potenciar el bienestar social y económico y, en la mayoría de los casos, es indispensable para generar la riqueza industrial y comercial. Es una condición imprescindible para aliviar la pobreza, generalizar la protección social y elevar el nivel de vida. Pero por esencial que pueda ser para el desarrollo, la energía es sólo un medio, no un fin, y el fin reside en lograr una buena salud, un alto nivel de vida, una energía sostenible y un medio ambiente limpio. No hay ninguna fuente de energía: carbón, solar, nuclear, eólica o de cualquier otro tipo que sea buena o mala intrínsecamente, y cada una de ellas vale sólo en la medida en que cumpla los fines para los que ha sido creada.

Se conoce que un mismo objetivo energético será alcanzado de distinto modo según el grupo social que lo promueva. Las diferentes fuentes y sistemas de producción y uso de la energía utilizadas por el hombre han marcado las grandes etapas en el desarrollo de la sociedad humana, dependiendo el curso de éste, de las elecciones energéticas realizadas en cada momento.

En el transcurso del tiempo el hombre pasó del empleo de su fuerza muscular al uso de diversas fuentes para satisfacer sus necesidades, el empleo del fuego, la utilización de la tracción animal, y finalmente, en rápida sucesión, el dominio de las tecnologías del carbón, del petróleo y el gas natural, y la producción y uso del vapor y la electricidad³.

¹ Energía verde. (n.d.). Energía verde. Recuperado el 20 de Septiembre de 2011, de http://es.wikipedia.org/wiki/Energía_verde.

² Colectivo de Autores. (2008). Indicadores energéticos del desarrollo sostenibles: directrices y metodologías. Austria: Organismo Internacional de Energía Atómica.

³ BORROTO CORDELO, ANÍBAL E. (2001). Gestión Energética Empresarial. Universidad de Cienfuegos.

Esta rápida sucesión se ha efectuado en dos grandes transiciones energéticas:

1. De la madera y el carbón vegetal, al carbón mineral, asociada a la primera Revolución Industrial, que se enmarca entre 1760 y 1830 cuando se desarrollaron tecnologías como la máquina de vapor, el ferrocarril y las máquinas textiles.
2. Del carbón mineral al petróleo, vinculada con la segunda Revolución Industrial, que tuvo lugar entre 1860 y 1930, periodo en que se introdujeron los sistemas eléctricos, la aviación y la siderurgia.

Ambas transiciones tuvieron lugar en un mundo regido por los mecanismos del mercado, aunque también incidieron en ellas otros factores, como déficit de los portadores requeridos, la comodidad en su manipulación y almacenamiento; y la introducción de nuevas tecnologías que caracterizaron las etapas respectivas.

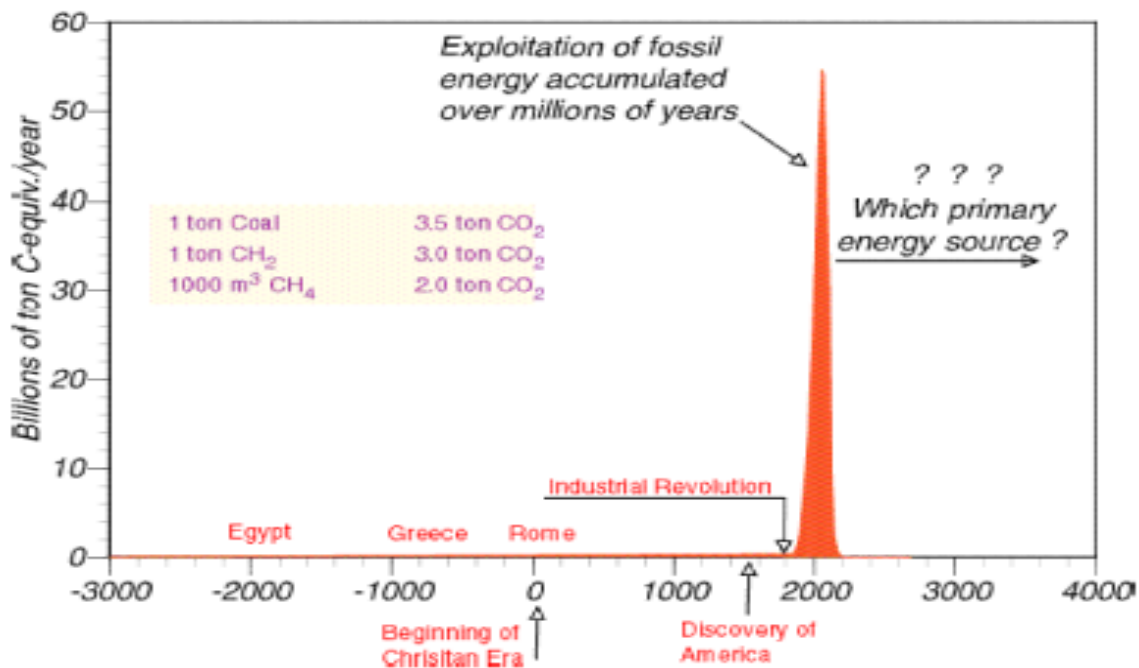


Figura 1.1. Evolución del Consumo histórico de energía.

En la figura 1.1 se observa el consumo desmedido de los combustibles fósiles en un corto período en relación al desarrollo de la humanidad.

Desde esta perspectiva, la historia de la Humanidad no ha sido más que la historia del control de ésta sobre las fuentes y tecnologías energéticas, llegando al esquema

energético global actual, el que descansa en la utilización de los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural, sobre todo el petróleo.

Con el paso de los años la humanidad fue perfeccionando su tecnología, lo cual trajo consigo que hacia el año 1990 se utilizaba una cantidad de energía 80 veces superior a la que se usaba en el año 1800. La mayor parte de dicha energía procedía de los combustibles fósiles, siendo el más utilizado el petróleo que alrededor del año 1970 alcanzó el dominio del balance energético mundial. Este dominio es una de las causas fundamentales de la actual situación energética, en la que el precio de los hidrocarburos determina la competitividad de los portadores alternativos y sus tecnologías asociadas, por lo que es el portador energético de referencia.

Los principales productores de petróleo son países como Arabia Saudita, Irán, México, China, Venezuela, Rusia, Estados Unidos, Noruega y los Emiratos Árabes Unidos.

1.2. Impacto ambiental del consumo energético.

La energía ha pasado a lo largo de la historia, de ser un instrumento al servicio del ser humano para satisfacer sus necesidades básicas, a ser la gran amenaza, motor y eje de la problemática ambiental que se cierne sobre el planeta, hipotecando la existencia de las generaciones venideras.

El inicio del tercer milenio representa para la humanidad la encrucijada de una nueva elección energética, frente al agotamiento de los combustibles fósiles por una parte, pero sobre todo, por la amenaza de una catástrofe ecológica, al rebasarse los límites de la capacidad del planeta para asimilar su impacto.

Una de las aportaciones a la solución, o al menos paralización de esta problemática medioambiental, es lograr que satisfaciendo las necesidades actuales de energía, ésta sea producida sin alterar esos almacenes energéticos que cumplen una función de equilibrio ecológico, y que su uso, además de ser más eficiente, no sea origen de fuentes de contaminación ni aumento del deterioro actual y futuro del entorno, evitando el derroche de energía y aprovechando al máximo la producción realizada.

El previsible agotamiento de los combustibles fósiles y el daño irreversible que se ocasiona al medio ambiente, exige la adopción de nuevas estrategias en materia de

energía, como base de un modelo de desarrollo sostenible, que permita satisfacer las necesidades energéticas de la generación actual y preservar las posibilidades para que las futuras generaciones puedan también encontrar soluciones para satisfacer las suyas. Un modelo que posibilite mejorar la calidad de la vida con más y mejores servicios energéticos, pero de una forma racional que permita respetar y cuidar las comunidades de seres vivos, no sobrepasar los límites de la capacidad del planeta para suplir fuentes de energía y asimilar los residuos de su producción y uso, un modelo que posibilite, en definitiva, integrar el desarrollo y la conservación del medio ambiente.

En resumen, tres son los problemas a los que se ha abocado el consumo desmedido de la energía:

- En primer lugar, un deterioro del entorno;
- En segundo lugar, un paulatino agotamiento de los recursos naturales;
- Y en tercer lugar, un desequilibrio irracional en el reparto del consumo y uso de la energía.

Ante esta situación, las energías de origen renovable, adquieren un papel primordial, necesario y urgente tanto en su aplicación como en la difusión de su uso⁴. Para la humanidad representa la encrucijada de una nueva elección energética, frente al agotamiento de los combustibles fósiles por una parte, pero sobre todo por la amenaza de una catástrofe ecológica.

No existe producción de energía o tecnología de conversión sin riesgos o sin desechos. En algún punto de todas las cadenas de energía desde la extracción del recurso al suministro de los servicios energéticos se producen, emiten o eliminan contaminantes, a menudo con graves repercusiones para la salud y el medio ambiente. Aunque una tecnología no emita sustancias nocivas en el lugar de explotación, pueden surgir emisiones y desechos a lo largo de la cadena de producción u otras partes de su ciclo vital.

La quema de combustibles fósiles es la principal responsable de la contaminación atmosférica, la acidificación regional y el riesgo de un cambio climático inducido por

⁴ Colectivo de Autores. (n.d.). Políticas e Indicadores de eficiencia energética. Argentina: Consejo Mundial de la Energía.

el hombre. De hecho, son muchos los gobiernos que están llevando a cabo políticas de fomento de las energías renovables, ya que no podemos permitirnos diferir la actuación adicional necesaria para afrontar el cambio climático si se pretende alcanzar a un costo razonable el objetivo a largo plazo de limitar la elevación de la temperatura media mundial a 2°C.

Aunque el mundo sigue una trayectoria que genera un nivel de emisiones que induce una elevación de la temperatura media a largo plazo de más de 3,5°C. Si no se llevaran a cabo las nuevas políticas, el cambio emprendido resultaría más peligroso, con una elevación de la temperatura de 6°C o incluso mayor.

Cuatro quintas partes de las emisiones totales de CO₂ procedentes de las energías permitidas para el 2035, ya están “comprometidas” por el stock de capital existente (centrales eléctricas, edificios, fábricas, etc.). Si no se aplican nuevas medidas severas de aquí al 2017, la infraestructura energética existente para esa fecha generará ya todas las emisiones de CO₂ permitidas hasta el 2035, por lo que no quedará lugar para nuevas centrales eléctricas, fábricas u otras infraestructuras, a menos que sean de nula emisión de carbono, lo que resultaría extremadamente costoso.

EEUU, con apenas el 4.5% de la población mundial, produce casi el 25% de las emisiones mundiales de CO₂. En términos de producción per cápita, la cifra es cinco veces mayor que el promedio mundial y el doble de Japón.

Resumen de estos aspectos se tiene en la figura 1.2 donde se aprecia la tendencia creciente al año 2030, al futuro, de la emisión de dióxido de carbono basado en el uso de los combustibles fósiles e incluso un ligero aumento por el uso de las energías renovables.

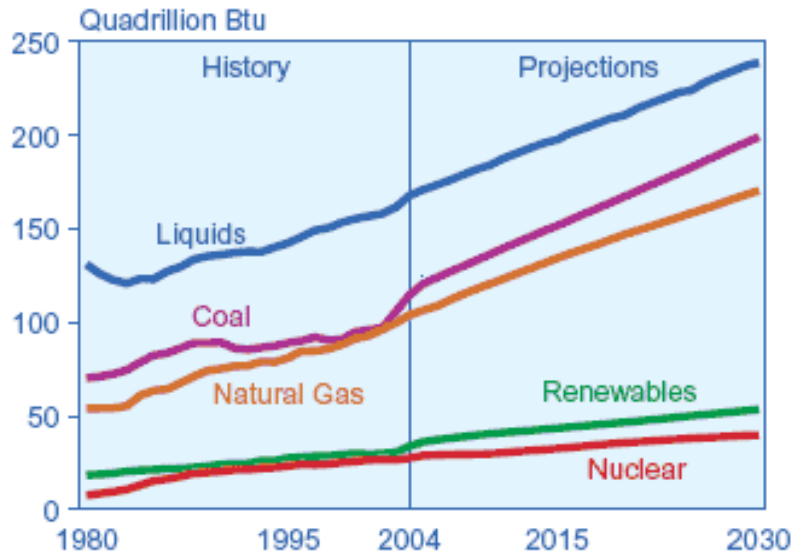


Figura 1.2. Emisión de dióxido de carbono por tipo de combustible.

La amenaza del cambio climático global y otros problemas ambientales son muy serios y a mediano plazo es urgente no seguir basando la forma de vida en una fuente de energía no renovable que se va agotando. Además esto se debe hacer compatible, por un deber elemental de justicia, con lograr el acceso a una vida más digna para todos los habitantes del mundo⁵.

Para lograr estos objetivos es muy importante:

- aprender a obtener energía, de forma económica y respetuosa con el ambiente, un camino es el desarrollo en el uso de fuentes alternativas.
- aprender a usar eficientemente la energía.

Usar eficientemente la energía significa no emplearla en actividades innecesarias y conseguir hacer las tareas con el mínimo consumo de energía posible. Desarrollar tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahorren energía es lo más importante para lograr un auténtico desarrollo, que se pueda llamar sostenible.

⁵ HANS-HOLGER, R, LANGLOISY, L Y McDONALD, A (n.d.). Aprovechamiento de las opciones energía, tecnología y desarrollo sostenible. (2001º ed., pp. 35-42). Boletín de la OIEA.

1.3. Los problemas energéticos del mundo contemporáneo

En la civilización moderna, la disponibilidad de energía está fuertemente ligada al nivel de bienestar, a la salud y a la duración de la vida del ser humano

La disponibilidad de la energía es un factor fundamental para el desarrollo y el crecimiento económico. La aparición de una crisis energética desemboca irremediabilmente en una crisis económica. La utilización eficaz de la energía, así como el uso responsable, son esenciales para la sostenibilidad.

Los problemas energéticos del mundo contemporáneo se han tornado más graves en los últimos años, producto a más de dos décadas de políticas neoliberales que estimularon la desregulación y la liberalización energética. Estas fórmulas de mercado resultaron extremadamente nocivas al propiciar el desmantelamiento del control estatal en diversos países y regiones, con el consecuente reforzamiento del control transnacional en esos segmentos estratégicos.

Paralelamente se han reforzado los conflictos internacionales y las guerras de rapiña de las grandes potencias por el control de los recursos energéticos del planeta, sobre todo aquellos no renovables, como el petróleo y gas natural.

El desarrollo económico, industrial y social experimentado en los últimos años ha generado un incremento en el consumo de combustibles fósiles, combustibles que no son renovables y que son contaminantes en alto grado, lo que ha provocado el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, trayendo consigo el cambio climático global.

Cerca de un tercio de la población mundial depende aún de la utilización de la energía animal y de los combustibles no comerciales, con una elevada dependencia de los combustibles tradicionales, como la biomasa y la leña en las poblaciones más pobres del planeta, que no tienen acceso a los combustibles modernos para cubrir sus necesidades básicas. Alrededor de 1 300 millones de personas no tienen acceso a la electricidad, lo que representa cerca del 20% de la población mundial y 2700 millones de personas dependen básicamente de fuentes tradicionales de energía utilizadas de forma rudimentaria e ineficiente. Muchas zonas del mundo carecen de un suministro fiable y seguro de energía. Esta falta de acceso a servicios modernos de abastecimiento de energía limita considerablemente el desarrollo socioeconómico,

que forma parte del desarrollo sostenible. En estas condiciones, en pleno siglo XXI, persiste un modelo energético asimétrico y excluyente.

En este escenario, el elevado porcentaje de la energía utilizada en el mundo es absorbida por los países desarrollados, mientras los países más pobres muestran los consumos más bajos de energía. La situación anterior está cambiando de forma drástica, cambio que se acentuará en los próximos años, donde serán precisamente los países en vías de desarrollo quienes experimenten con mayor rapidez un aumento en su consumo de energía. Este fenómeno estará motivado por el incremento de sus poblaciones y economías, pues cuando un país se encuentra iniciando el proceso de crecimiento, la industria y el transporte se convierten en sectores priorizados que demandan gran cantidad de energía. A ello se une la creciente mecanización de todas las actividades económicas y el aumento del uso de energía en las economías domésticas, redundando todo ello en fuertes incrementos en el empleo de energía.

El Mercado del consumo de la energía, según la figura 1.3 crecerá sustancialmente para las economías emergentes. Países como China, India, Brasil y Argentina son representantes de este rápido crecimiento e industrialización acelerada. Este desarrollo se basa en el consumo de combustibles fósiles.

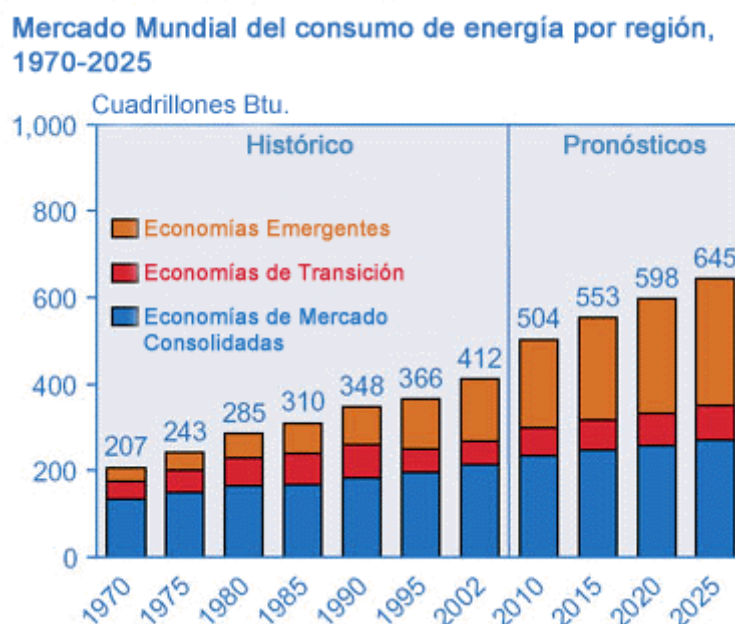


Figura 1.3. Mercado mundial de consumo de energía por región, 1970-2025.

Sin embargo, dada la modernización de la tecnología y el conocimiento más profundo de los efectos e impactos de la energía y de los sistemas energéticos, un país en desarrollo puede llevar a cabo actualmente la transición de una economía agrícola a una industrial con un costo mucho menor y menos daños al medio ambiente que los que afectaron, durante su transición, a los países hoy desarrollados.

Las empresas actuales deben reducir el deterioro provocado por el hombre al medio ambiente, estando conscientes de todas sus fortalezas y debilidades. Por otra parte, el incremento continuo del precio de los combustibles y de la electricidad, ha provocado que los costos energéticos tengan cada vez un mayor peso dentro de los costos totales de operación de las empresas

La Agencia Internacional de Energía (IEA) pronosticó que para el periodo del 2010 al 2035 la demanda mundial de energía aumentará en un tercio, teniendo gran repercusión los países no pertenecientes a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), a los cuales les corresponde el 90% de este aumento significativo. Podemos ejemplificar con una de las economías emergentes actuales, China, que para el 2035 consolidara el lugar de máximo consumidor mundial, utilizando un 70% de energía más que Estados Unidos, el segundo consumidor mundial, aunque, para esa fecha, el consumo de energía per cápita en China representara aún menos de la mitad del de Estados Unidos. Pero no es de descartar las economías emergentes de la India, Indonesia, Brasil y Medio Oriente, las cuales sus índices de crecimiento del consumo serán más rápidos que el de China.

En el sector eléctrico, las tecnologías basadas en energías renovables encabezadas por la energía hidroeléctrica y la eólica, representarán la mitad de la nueva capacidad que se instale para responder a la creciente demanda. Donde la proporción de energías renovables no hidráulicas en la generación de electricidad pasara del 3% en el 2009 al 15% en el 2035. Estas se verán beneficiadas por el mantenimiento de los altos precios de los combustibles fósiles, y de su atractivo como fuentes de energías poco contaminantes.

El carbón ha cubierto cerca de la mitad del incremento de la demanda mundial de energía durante la última década. De mantenerse las políticas actuales, la utilización

de carbón crecerá un 65% más de aquí al 2035, por lo que el carbón adelantará al petróleo como combustible dominante en el mix energético mundial.

Pocos signos indican que esté en marcha el urgente cambio de rumbo necesario en las tendencias energéticas mundiales⁶. Aunque la recuperación de la economía mundial desde 2009 ha sido desigual y las perspectivas económicas futuras siguen siendo inciertas, la demanda mundial de energía primaria repuntó un notable 5% en 2010, lo que catapultó las emisiones de CO₂ a un nuevo récord. Las subvenciones que fomentan el derroche de combustibles fósiles superaron los 400 000 millones de dólares (USD). La intensidad energética mundial empeoró por segundo año consecutivo, pese a la prioridad otorgada en numerosos países a la mejora de la eficiencia energética.

La incertidumbre a corto plazo apenas altera el panorama a largo plazo. A pesar de la inseguridad reinante sobre las perspectivas de crecimiento económico a corto plazo, la demanda de energía global registra una fuerte alza y aumenta un tercio de 2010 a 2035. Asumiendo un aumento de la población mundial de 1700 millones de personas y un crecimiento medio anual de la economía mundial del 3,5% para el período, se obtiene una demanda sin precedentes de servicios de energía y movilidad.

Será necesaria una inversión mundial de 38 billones de USD en infraestructura energética durante el periodo 2012-2035. Casi dos tercios de la inversión total se realizarán en países no pertenecientes a la OCDE. El petróleo y el gas conjuntamente acapararán cerca de 20 billones de USD del total, porque tanto la necesidad de inversión en exploración-producción como el costo inherente aumentarán a medio y largo plazo para estas dos fuentes de energía. La mayor parte de la inversión restante se destinará al sector eléctrico, y de esta un 40% de ella se dedicará a las redes de transmisión y distribución.

La era de los combustibles fósiles dista mucho de haber terminado, pero la preponderancia de estos disminuirá. Si bien aumentará la demanda de todos los combustibles, la proporción de los combustibles fósiles en el consumo mundial de

⁶ Colectivo de Autores. (2011). World Energy Outlook. Resumen Ejecutivo, International Energy Agency. Recuperado el 14 de Enero de 2012, de <http://www.iea.org>.

energía primaria descenderá ligeramente, del 81% en 2010 al 75% en 2035; el gas natural será el único combustible fósil que aumente su presencia en la combinación energética mundial en el periodo que va hasta 2035.

La Unión Europea se enfrenta a unos desafíos energéticos sin precedentes a causa de una creciente dependencia de las importaciones, inquietudes en cuanto al abastecimiento de combustibles fósiles en todo el mundo y un cambio climático patente. Pese a todo, sigue derrochando al menos un 20 % de su energía a causa de la ineficiencia.

Un amplio despliegue de centrales eléctricas más eficientes alimentadas con carbón y de tecnología de captura y almacenamiento de carbono (CAC) podría impulsar las perspectivas a largo plazo para el carbón, pero subsisten considerables escollos.

Los acontecimientos registrados en Fukushima Daiichi han desencadenado un cuestionamiento del papel de la energía nuclear en el futuro, aunque no han inducido cambios en las políticas de países tales como China, la India, Rusia o Corea, que están procediendo a la expansión de esta fuente de energía. Aunque un futuro con menos energía nuclear abriría oportunidades para las energías renovables, también dispararía la demanda de combustibles fósiles: el aumento de la demanda mundial de carbón equivaldría al doble del nivel de las exportaciones actuales de carbón térmico de Australia, y el incremento de la demanda de gas, a dos tercios de las exportaciones actuales de gas natural de Rusia. Como resultado de lo anterior, se experimentaría una mayor presión al alza sobre los precios de la energía, surgirían nuevas preocupaciones sobre la seguridad energética, y resultaría más difícil y caro luchar contra el cambio climático. Las consecuencias serían particularmente serias para aquellos países con recursos energéticos propios limitados y que contemplan una participación significativa de la generación nuclear. De igual modo, un cuestionamiento de la energía nuclear complicaría considerablemente el que las economías emergentes pudieran satisfacer su demanda de electricidad en rápido crecimiento.

Los vastos recursos energéticos de Rusia respaldarán el continuo papel de este país como pilar de la economía mundial de la energía en las próximas décadas. La expectativa de una demanda sostenida y unos precios internacionales elevados para

los combustibles fósiles parecen garantizar positivas perspectivas para Rusia, pero los desafíos a los que se enfrenta este país son en muchos sentidos igual de impresionantes que la magnitud de sus recursos.

Los principales yacimientos de petróleo y gas de Rusia en Siberia Occidental entrarán en declive y será preciso desarrollar una nueva generación de yacimientos de más alto coste, tanto en las zonas tradicionales de producción de Siberia Occidental como en nuevas fronteras de Siberia Oriental y el Ártico. La producción de petróleo se estabilizará en torno a los 10,5 millones bpd antes de iniciar un ligero descenso hasta 9,7 millones bpd en 2035; en cuanto a la producción de gas, aumentará un 35% para alcanzar 860 000 millones de metros cúbicos en 2035, en un proceso en el que la península de Yamal se convertirá en la nueva piedra angular de la oferta rusa.

A medida que cambie la geografía de la producción rusa de petróleo y gas se transformará igualmente la geografía de las exportaciones⁷. Aunque la mayoría de las exportaciones rusas seguirán dirigiéndose a sus mercados tradicionales europeos, cobrará impulso el cambio de dirección hacia los mercados asiáticos. Como resultado de ello, Rusia diversificará la procedencia de los ingresos de sus exportaciones: se calcula que la participación de China en los ingresos rusos totales procedentes de las exportaciones de combustibles fósiles pasará de un 2% en 2010 al 20% en 2035, mientras que la proporción de la Unión Europea caerá del 61% al 48%.

Rusia pretende crear una economía más eficiente en términos energéticos, menos dependiente del petróleo y del gas, pero debe acompasar la velocidad del cambio. Si Rusia mejorase su eficiencia energética en todos los sectores hasta los niveles de países comparables de la OCDE, podría ahorrar casi un tercio de su consumo anual de energía primaria, una cantidad similar a la energía consumida en un año por el Reino Unido. Sólo el ahorro potencial de gas natural, de 180 000 millones de metros cúbicos, tendría un valor casi equiparable a las exportaciones netas de Rusia en 2010. Si bien es cierto que las nuevas políticas en materia de eficiencia energética y las continuas reformas de los precios del gas y de la electricidad introducen cierta

⁷ Ibídem.

mejora, según nuestro análisis sólo liberan una pequeña parte del potencial de eficiencia de Rusia. Una instauración más rápida de las mejoras en materia de eficiencia y de las reformas del mercado de la energía aceleraría la modernización de la economía rusa y, por ende, la harían menos dependiente de las oscilaciones de los precios internacionales de los productos básicos.

Las presiones a corto plazo en los mercados petroleros podrían verse suavizadas por el lento crecimiento económico, pero las tendencias tanto en la demanda como en la oferta de petróleo mantienen la presión sobre los precios.

La totalidad del incremento neto de la demanda de petróleo es atribuible al transporte en las economías emergentes, ya que el crecimiento económico impulsa al alza la demanda de movilidad de personas y mercancías. La demanda de petróleo (excluidos los biocombustibles) pasará de 87 millones de barriles por día (bpd) en 2010 a 99 millones bpd en 2035. El incremento de la utilización de petróleo se producirá por impresionantes avances logrados en el ahorro de combustible en numerosos países, especialmente en los automóviles en Europa y el transporte pesado en Estados Unidos. Aunque están surgiendo tecnologías alternativas aplicables a los vehículos que emplean los combustibles derivados del petróleo de forma mucho más eficiente o no recurren a ellos en absoluto (como en el caso de los vehículos eléctricos) estas tecnologías necesitan tiempo para ser comercialmente viables y lograr introducirse en los mercados de forma significativa. Dado el limitado potencial de sustitución del petróleo como combustible para el transporte, la concentración así como la demanda de este sector hace que esta sea menos sensible a las fluctuaciones del precio del petróleo (especialmente donde se subvencionan los productos petrolíferos).

Aumentará el costo del suministro de petróleo a los mercados, ya que las compañías petroleras se verán obligadas a recurrir a fuentes más complicadas y costosas para reemplazar la capacidad perdida y responder a la creciente demanda. La producción de petróleo crudo convencional el mayor componente de la oferta de petróleo permanecerá a los niveles actuales antes de descender ligeramente y situarse en torno a los 68 millones bpd alrededor de 2035. Para compensar el declive de la producción de crudo en los campos existentes, será necesaria una capacidad

adicional bruta de 47 millones bpd, es decir, el doble de la producción total actual de petróleo de todos los países de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) de Oriente Medio. Una creciente parte del producto procederá de los líquidos del gas natural (más de 18 millones bpd en 2035) y de fuentes no convencionales (10 millones bpd).

El mayor incremento de la producción de petróleo provendrá de Iraq, seguido de Arabia Saudí, Brasil, Kazajistán y Canadá. La oferta de biocombustibles triplicará hasta alcanzar el equivalente de más de 4 millones bpd, respaldada por subvenciones de un valor aproximado de 1,4 billones de USD para todo el periodo de previsión.

Las importaciones de petróleo de Estados Unidos, actualmente el mayor importador mundial, se reducirán a medida que los progresos en la eficiencia energética hagan caer la demanda y que se desarrollen nuevos suministros autóctonos, tales como el petróleo ligero de formaciones compactas, pero la creciente dependencia de las importaciones de petróleo en otras partes del mundo despertará preocupación por el coste de las importaciones y por la seguridad del suministro.

En 2035, cuatro quintas partes del petróleo consumido en países asiáticos no pertenecientes a la OCDE serán importados (frente a algo más de la mitad en 2010). En general se dependerá cada vez más de un número relativamente reducido de países productores, principalmente de la región OMNA, desde la que el petróleo se transporta por rutas comerciales que pueden considerarse vulnerables. De forma agregada, el incremento de la producción de esa región será superior al 90% del crecimiento necesario del producto mundial de petróleo, lo que llevará la participación de la OPEP en la producción mundial por encima del 50% en 2035. Una insuficiente inversión en exploración-producción en la región OMNA podría acarrear amplias consecuencias para los mercados energéticos mundiales. Dicha insuficiencia podría estar inducida por una variedad de factores, entre los cuales una mayor percepción del riesgo de las inversiones, políticas públicas deliberadamente destinadas a desarrollar más lentamente la capacidad de producción, o restricciones a los flujos de capital de exploración-producción nacionales en beneficio de mayor gasto en otros programas públicos.

Sobre las perspectivas del gas natural (GNL) existe menor incertidumbre: tanto del lado de la demanda como de la oferta diferentes factores indican un brillante futuro, e incluso una “edad de oro del gas natural”. Las políticas de promoción de la diversificación de combustibles respaldan una mayor extensión de la utilización de gas en China, lo que se logra mediante una producción nacional más elevada y una mayor incidencia de la comercialización de GNL. Los intercambios comerciales mundiales se duplicarán y más de un tercio de este incremento se debe a la evolución del mercado Chino. Rusia seguirá siendo el mayor productor de gas en 2035 y aportará la mayor contribución al crecimiento mundial de la oferta, seguido por China, Qatar, Estados Unidos y Australia.

El llamado gas no convencional representa ya la mitad de la base estimada de recursos de gas natural y además se halla más repartido que los recursos convencionales. Este hecho es positivo desde el punto de vista de la seguridad del suministro de gas. Hacia 2035, la proporción del gas no convencional habrá aumentado hasta representar un quinto de la producción total de gas, aunque la cadencia de esta evolución variará considerablemente según las regiones. El crecimiento del suministro dependerá también de la capacidad de la industria gasística para solventar los desafíos medioambientales: una edad de oro del gas requerirá niveles de calidad de oro en su producción. El gas natural es el combustible fósil más limpio, pero el simple aumento de la utilización de gas (sin captura y almacenamiento de carbono) no será suficiente por sí mismo para encaminarnos por una senda de emisiones de carbono que se adecue a la limitación de la elevación de la temperatura mundial.

La proporción de las energías renovables no hidráulicas en la generación de electricidad pasará del 3% en 2009 al 15% en 2035, respaldada por subvenciones anuales que prácticamente se quintuplicarán hasta alcanzar los 180 000 millones de USD. China y la Unión Europea liderarán esta expansión, siendo el origen de cerca de la mitad del crecimiento. Aunque se espera que disminuya el coste de las subvenciones por unidad de producto, la mayoría de las energías renovables precisarán de apoyo continuado durante todo el período, a fin de poder competir en los mercados de la electricidad. Si bien esto resultará sin duda costoso, se espera

que aporte beneficios duraderos en términos de seguridad energética y de protección medioambiental.

Acomodar una mayor cantidad de electricidad de fuentes renovables, en ocasiones en lugares remotos, exigirá una inversión suplementaria en las redes de transmisión, que representará hasta el 10% de la inversión total en transmisión. La Unión Europea necesitará el 25% de la inversión total en redes de transmisión para este propósito. La contribución de la energía hidroeléctrica a la generación mundial de electricidad permanecerá constante en torno al 15%; China, la India y Brasil aportarán casi la mitad de la nueva capacidad.

Se estima que, en 2009, se invirtieron cerca de 9 000 millones de USD en el mundo para proporcionar un primer acceso a servicios de energía modernos, pero, si se quiere lograr un acceso universal para 2030, será preciso invertir cada año más del quíntuplo de esa cantidad, es decir, 48 000 millones de USD. Facilitar el acceso a la energía para todos en 2030 constituye un objetivo esencial, anunciado por el propio Secretario General de las Naciones Unidas. La inversión requerida para proporcionar servicio de energía moderna a todos equivale aproximadamente al 3% de la inversión total en energía hasta 2030. Sin ella se prevé que el panorama mundial en 2030 difiera poco del actual y que empeore en el África Subsahariana. Determinadas medidas diseñadas para ayudar a los más desfavorecidos no han ofrecido los resultados esperados. Solo el 8% de las subvenciones destinadas al consumo de combustibles fósiles en 2010 alcanzó al 20% más pobre de la población.

Habrá que incitar a los fabricantes a desarrollar tecnologías y productos más eficientes desde el punto de vista energético, y proporcionar a los consumidores incentivos más fuertes para que compren esos productos y los utilicen de forma racional. La utilización de las mejores tecnologías disponibles será un aspecto de capital importancia.

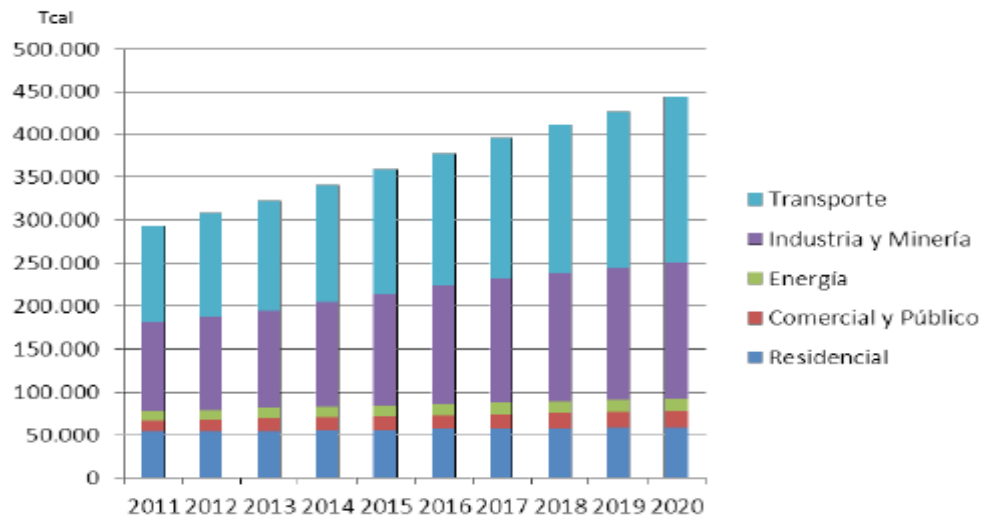


Figura 2.1. Consumo de energía por sectores a nivel mundial⁸.

Se espera que el consumo de energías para el sector residencial hasta el año 2020 se debe mantener de los valores de consumo registrados en el año 2011; para el sector comercial y público se prevé que en los próximos años permanezca alrededor de los mismos valores. En el sector industrial y el transporte la tendencia será muy diferente, según se observa en la figura 2.1 el incremento es marcado de un año respecto al otro.

Crece la preocupación internacional sobre el acceso a la energía. Las Naciones Unidas proclamaron el año 2012 “Año Internacional de la Energía Sostenible para Todos”, y la Cumbre Río+20 representará una importante oportunidad para pasar a la acción. Se necesita más financiación, de muchas fuentes y de muchas formas, a fin de proporcionar energía moderna para todos, con soluciones adaptadas a los desafíos, riesgos y rendimientos de cada categoría de proyecto.

El acceso universal a la energía en 2030 haría que la demanda mundial de combustibles fósiles y las consiguientes emisiones de CO₂ aumentasen menos de un 1%, una cantidad nimia en relación con la contribución que puede aportar al desarrollo y al bienestar de la humanidad.

La situación actual de la energía en el mundo se ejemplifica con los datos que a continuación se muestran:

⁸ SALAQUETT F, VIRGINIA. (2011). Desafíos de la eficiencia energética en Chile.

- El gasto energético per cápita promedio mundial es equivalente a un consumo de 5 litros de petróleo al día. Dicho consumo no es homogéneo, ya que más del 70% del gasto energético mundial ocurre en los países industrializados.
- El consumo mundial de combustibles ha crecido 10 veces en los últimos cien años. Dicho aumento en el consumo energético aún continúa y se estima que crecerá en un 60% desde el 2001 al 2020, principalmente en los países en desarrollo de Asia y América Latina, donde se prevé un incremento del 100%.
- Unos 2 mil millones de personas no tienen acceso a una fuente fiable de electricidad. Deberá aumentarse la capacidad de cubrir esta demanda de alguna manera, al tiempo que se lleva a cabo una producción y un uso eficiente de la energía.

Estos objetivos sólo serán sostenibles si se logra alcanzar que este incremento de la producción energética no tenga impacto negativo alguno sobre la salud humana o el medio ambiente.

Asumiendo que la demanda de energía en países en desarrollo crece un 2,6% por año, el consumo total de energía podría doblar el nivel del consumo total de los países industrializados en el 2050. Aun entonces, cada persona en los países en desarrollo podría estar usando, en promedio, solo un cuarto de la energía consumida por cada habitante en el mundo.

A pesar del panorama sombrío que se presenta, existen numerosas fuentes de ahorro de energía que, aplicándose correctamente permiten una mirada más optimista del futuro energético, como son:

- Utilización masiva de las fuentes renovables de energía.
- Mejoras en las tecnologías de uso final, tanto en el ambiente doméstico como en el industrial.
- Cambio de hábitos de consumo.
- Uso racional de la Energía Nuclear.
- Aumento de la transferencia de recursos a la investigación destinada al ahorro de energía.

- Integración de procesos térmicos. Cogeneración.
- Uso eficiente de la materia prima, incluyendo el reciclado, la eficiencia energética y menores emisiones.
- Empleo de la trigeneración.
- Empleo racional de la generación distribuida.

1.4. Indicadores energéticos usados a nivel para el control energético de diferentes sectores industriales.

El ámbito energético se enfrenta actualmente a tres grandes retos:

- la **disminución de la intensidad energética**,
- el **cambio climático**
- y la **seguridad de suministro**.

Para resolver estos desafíos, se utiliza la eficiencia y el ahorro energético como soluciones inmediatas y baratas de aplicar considerando que aportan reducciones de costos y ahorro de recursos. El aumento de la eficiencia energética es la forma más rentable de reducir el consumo de energía, manteniendo a la vez un nivel equivalente de actividad económica.

Para cambiar considerablemente la forma en que se requiere realizar el consumo de energía es preciso revisar el potencial de acciones a manera global y producir un cambio de paradigma en el comportamiento de las sociedades.

A la hora de seleccionar los combustibles energéticos y las tecnologías conexas para la producción, suministro y utilización de los servicios relacionados con la energía, resulta fundamental tener en cuenta las consecuencias económicas, sociales y ambientales. Los encargados de la adopción de políticas necesitan métodos para medir y evaluar los efectos actuales y futuros del uso de la energía sobre la salud humana, la sociedad, el aire, el suelo y el agua. Han de determinar si la utilización actual de la energía es sostenible y, en caso contrario, cómo cambiarla para que lo sea. Ésa es la finalidad de los indicadores energéticos.

Los indicadores no son meros datos sino que trascienden lo que es la estadística básica para promover un entendimiento más a fondo de los principales problemas y arrojar luz sobre relaciones valiosas que no son evidentes si sólo se emplean

estadísticas básicas. Constituyen herramientas esenciales para dar a conocer a los encargados de las políticas, y al público en general, las cuestiones energéticas relacionadas con el desarrollo sostenible y fomentar el diálogo institucional. Cada conjunto de indicadores expresa aspectos o consecuencias de la producción y el uso de la energía. Tomados en conjunto, los indicadores ofrecen un panorama sin trabas de todo el sistema, incluidas las interconexiones y compensaciones entre las distintas dimensiones del desarrollo sostenible, así como las implicaciones a más largo plazo de las actuales decisiones y comportamientos. La evolución temporal de los valores de los indicadores refleja los progresos realizados, o la falta de ellos, hacia la consecución de un desarrollo sostenible.

En un indicador energético dado, es posible que un mismo valor no signifique lo mismo para dos países diferentes. El significado dependerá del grado de desarrollo de cada país, de la naturaleza de su economía, de su geografía, de la disponibilidad de recursos energéticos nacionales y así sucesivamente. Por consiguiente, se precisa cierta cautela a la hora de utilizar esos indicadores con objeto de hacer comparaciones entre países.

Los indicadores aquí presentados constituyen un conjunto básico de indicadores energéticos del desarrollo sostenible (IEDS), dotados de las metodologías y directrices de utilidad para los encargados de tomar las decisiones, los analistas del sector de la energía y estadísticos. Algunos indicadores se centran en el suministro de servicios energéticos esenciales con miras a luchar contra la pobreza y mejorar las condiciones de vida, mientras que otros indicadores lo hacen en los efectos ambientales. Cuando se está decidiendo qué medidas adoptar, es importante tener en cuenta no sólo los aspectos económicos sino también los sociales y ambientales. El papel del analista consiste en seleccionar, sopesar y presentar a los encargados de tomar las decisiones los indicadores más adecuados a las circunstancias de su propio país, para promover así modalidades de desarrollo sostenibles.

La eficiencia energética se puede definir como la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflicto.

Entendida como la eficiencia en la producción, distribución y uso racional de la energía, constituye sin dudas uno de los pilares fundamentales del desarrollo energético sostenible. No consiste en racionar o reducir el consumo de energía, sino en utilizarla mejor. Los aumentos de productividad y la reducción de los consumos energéticos por unidad de producto constituyen, en realidad, fases de un mismo proceso con aportes significativos al crecimiento, la protección del medio ambiente y la equidad social⁹.

La eficiencia energética ¹⁰(o el uso eficiente de la energía, UEE) se entiende como una función de las conductas individuales y de la racionalidad con que los consumidores utilizan la energía. De este modo, la eliminación los consumos innecesarios o la elección de equipos más apropiados para reducir el costo de la energía, contribuye a disminuir el consumo individual sin disminuir la satisfacción personal obtenida de los servicios que ella le presta.

Sin embargo, conviene señalar que medidas individuales que hacen más eficiente energéticamente una vivienda o una industria no implican eficiencia energética a nivel de país, ya que muchas veces dichas medidas puede que no tengan ninguna visibilidad nacional. .En muchos casos la eficiencia energética no es sólo un problema técnico, ya que a veces, resultan más importantes las medidas que apuntan a mejorar la eficiencia de los servicios en que la energía se encuentra involucrada, que las medidas técnicas de eficiencia de un proceso o equipo.

La eficiencia energética tiene en cuenta todos los cambios que resultan en una disminución de la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de actividad económica o para satisfacer los requerimientos energéticos de los servicios que requieren las personas, asegurando igual o superior nivel de confort.

Ventajas del uso de la Eficiencia energética:

- Puede sustituir el 25% del consumo actual
- No produce contaminación de algún tipo ni impacto ambiental.

⁹ Colectivo de Autores. (n.d.). Energía. Eficiencia energética. In Ciencias de la tierra y del medio ambiente (pp. 512-535). España: Comisión Nacional Energía España.

¹⁰ Colectivo de Autores. (2003). Estudio de las Relaciones entre la Eficiencia Energética y el Desarrollo Económico. Programa de Estudios e Investigaciones. Santiago: Sociedad Alemana para la Cooperación Técnica.

- Su subproducto es la reducción de costos energéticos y el incremento de la competitividad.
- Reduce los gases de efecto de invernadero.
- Crea cultura de uso eficiente de recursos.
- Cada 1 USD invertido en eficiencia para reducir 1 kWh se dejan de invertir 4 USD en instalar 1 kWh.
- Es un negocio con rentabilidad entre el 10-17%.
- Es el negocio donde la empresa asume los menores riesgos.

1.4.1. Indicadores de eficiencia energética.

Los indicadores de eficiencia energética se construyen con el objeto de dar seguimiento a los cambios en la eficiencia con que los países o áreas de la economía usan la energía. Dos tipos de indicadores se utilizan para describir este proceso: los índices económicos y los índices tecnoeconómicos. Los índices económicos se utilizan cuando la eficiencia energética se evalúa a niveles agregados, por ejemplo al nivel del país o de un sector de la economía, ya que en este caso no es posible caracterizar la actividad con índices técnicos o físicos.

1.4.1.1. Intensidad Energética.

La Intensidad Energética (IE) es conocida internacionalmente como uno de estos índices económicos y se define como la relación entre el consumo de energía en unidades tales como: Tcal, TJ o toneladas de petróleo equivalente (tep) e indicadores de la actividad económica, normalmente el producto geográfico bruto (PGB) o el valor agregado (VA) de la rama de actividad.

Además tiene en cuenta las relaciones entre la eficiencia energética y la eficiencia económica a un nivel más global.; toma en cuenta la economía en su conjunto o un sector de actividad dado.

El indicador de intensidad energética se define como la razón entre el consumo de energía de una o un conjunto de actividades económicas y el valor del producto de dichas actividades, es decir¹¹:

$$IE_t = \frac{CE_t}{Pt}$$

Dónde:

IE_t: Intensidad energética en el año t

CE_t: Consumo de energía en el año t (en unidades energéticas, Tcal, TJ, BTU.)

P_t: Producto total. (En unidades monetarias)

Al calcular el indicador de IE se debe analizar si el consumo de energía (CE), corresponde a energía primaria o final. Si se considera energía primaria, es posible que la variación de la IE así calculada pueda asociarse a cambios en la matriz energética y/o a cambios en la eficiencia de conversión de la oferta de energía, muy especialmente en la generación eléctrica, por lo que indicadores que consideren la energía primaria no son aconsejables, sugiriéndose, por lo tanto, el uso de la energía final en el cálculo de los indicadores.

La intensidad energética es un indicador agregado de la eficiencia y eficacia totales de la producción y el consumo de energía, así como de los cambios estructurales que sustituyen procesos y subsectores industriales con grandes consumos de energía por otros más ahorrativos¹². Uno de los parámetros que determinan la correlación entre consumo de energía y crecimiento económico es la evolución de la intensidad energética.

La reducción de la intensidad energética es un objetivo prioritario para cualquier economía, siempre que su consecución no afecte negativamente al volumen de actividad. Uno de los parámetros que determinan la correlación entre consumo de energía y crecimiento económico es la evolución de la intensidad energética, indicador generalista que señala la relación entre consumos de energía y el Producto Interno Bruto.

¹¹ Colectivo de Autores. (2003). Estudio de las Relaciones entre la Eficiencia Energética y el Desarrollo Económico. Programa de Estudios e Investigaciones. Santiago: Sociedad Alemana para la Cooperación Técnica.

¹² MONTEAGUDO YANES, JOSÉ P., & BORROTO NORDELO, ANÍBAL E. (2007). La "producción equivalente" un método para elevar la efectividad de los índices energéticos. Cienfuegos, Cuba: Universo Sur.

Se debe tener en cuenta que existe una gran variedad de factores que pueden influir en la evolución de este índice entre los que cabe destacar : la estructura industrial de un país, su nivel de equipamiento, la evolución económica y de los precios, la disponibilidad de recursos autóctonos, la diversificación energética, el clima, la situación geográfica, etc.

1.4.1.2. Consumo Específico

Los índices tecnoeconómicos se utilizan cuando los análisis se realizan a niveles suficientemente desagregados (por sub ramas o usos finales) y relacionan la energía consumida con indicadores de la actividad expresados en unidades físicas (toneladas de acero, pasajeros kilómetros, m² de viviendas o edificios calefaccionados).

Este último indicador, comúnmente denominado Consumo Específico¹³, pareciera resolver en parte los problemas e imprecisiones del indicador económico, sin embargo, resulta ser cada vez más insatisfactorio. Ello se debe a una tendencia creciente a tercerizar las actividades, lo que termina por no reflejar los verdaderos consumos de energía asociados a la producción de un bien, salvo que se siga la cadena de producción completa.

Además, la posibilidad de comparar los consumos específicos para producir un bien dado, se encuentra también limitada por las características de los procesos, no es posible enjuiciar la eficiencia energética relativa de la producción de una tonelada de acero o de aluminio a partir del mineral hierro o de la bauxita y la producción de la misma tonelada a partir de chatarra de acero o de aluminio.

Existe un conjunto de factores que limitan la validez de las comparaciones de los valores absolutos de la IE. En efecto, los valores absolutos de la IE están determinados por un conjunto de parámetros que explican por qué ella es mayor en un país que en otro, sin que por ello se pueda afirmar que el segundo es más eficiente que el primero. Algunos de estos parámetros son:

- Las estructuras económicas, las características geográficas y las condiciones climáticas de los países.

¹³ Ibídem.

- Los cambios estructurales relativos entre las economías.
- Las distorsiones globales y sectoriales de los sistemas de precios.
- Las características específicas de los sectores de la economía que no son representadas únicamente por las variables económicas, es el caso, por ejemplo, de la estructura modal del transporte.
- Las diferencias en la agregación de los sectores o de medición del Producto Geográfico Bruto, incluidas disparidades en el poder de compra de las monedas de referencia, pueden limitar también el análisis.

Al realizar un análisis de las tendencias de la eficiencia energética a través del indicador de IE, debe tomarse en cuenta que la evolución del monto de energía consumida por una sociedad depende de cambios ocurridos en:

- la actividad económica (valor agregado, población, área construida, toneladas-km transportadas)
- la estructura de la economía (estructura industrial, estructura modal del transporte, grado de saturación de los artefactos domésticos), y
- la intensidad energética.

1.4.2. Indicadores de eficiencia económica.

Dado que la energía cada día se encarece más, en muchos casos una de las principales partidas del costo total es el costo energético. Pero aún en aquellas instalaciones donde la energía no representa una de las principales partidas, es importante la administración eficiente de la energía, ya que es el apartado que crece más rápidamente y uno de los pocos costos que pueden ser realmente controlados.

La administración de la energía persigue lograr un uso más eficiente de la energía sin reducir los niveles de producción o mermar la calidad del producto o servicio, la seguridad o los estándares ambientales. La conservación de la energía se realiza en la medida en que pueda justificarse en términos comerciales y financieros normales, como cualquier otra actividad o inversión.

1.4.2.1. Competitividad.

Con respecto a la competitividad se utilizará el Índice de Competitividad Global, (Global Competitiveness Index, GCI) desarrollado por el Foro Económico Mundial, el cual es una medida de la capacidad de una economía nacional para lograr crecimiento económico sostenible en el mediano plazo, tomando en cuenta el nivel de desarrollo presente. Es decir este indicador permite establecer el potencial de crecimiento más allá del efecto temporal del crecimiento acelerado que se da en el período temprano del desarrollo, este es por ejemplo el caso de China que siendo un país relativamente pobre tiene un alto crecimiento, sin embargo, no es de los más competitivos debido a sus deficiencias en varios de los aspectos considerados.

La dimensión ambiental cobra relevancia fundamental luego de la introducción del concepto de desarrollo sostenible, al constatar los efectos sobre el medio ambiente y el agotamiento de los recursos naturales resultante del desarrollo de los países más ricos en las décadas pasadas.

La sustentabilidad ambiental plantea en el fondo una cuestión moral y una responsabilidad ética respecto de las generaciones futuras. Es por lo tanto un concepto transversal al desarrollo, porque el uso razonable de los ecosistemas y recursos naturales no depende exclusivamente de factores tecnológicos, sino que influye una multiplicidad de factores, entre los que destacan la organización social y la distribución espacial de las actividades económicas y la población.

Dado que, cada vez con más fuerza, los países incorporan el concepto de sustentabilidad del desarrollo como una opción fundamental de política pública, se hace necesario medir de alguna manera los logros alcanzados en este contexto.

Al respecto, el Foro Económico Mundial ha definido el **Índice de sustentabilidad ambiental**, conocido por su sigla en inglés ESI. Un análisis de los principales parámetros que definen el ESI nos lleva a concluir que los esfuerzos destinados a mejorar la eficiencia con que se usa la energía contribuirán a mejorar la sustentabilidad ambiental y viceversa. El índice ESI mide el progreso global de las naciones hacia la sustentabilidad ambiental a través de un vasto conjunto de indicadores. El índice define la sustentabilidad ambiental en función de cinco componentes, estos son:

1. Estado y evolución de los sistemas ambientales estratégicos (calidad del aire, disponibilidad de agua, calidad del agua, biodiversidad y uso del suelo).
2. Presiones y riesgos ambientales (contaminación del aire, contaminación del agua, presiones sobre ecosistemas, generación de residuos y presiones demográficas).
3. Vulnerabilidad ambiental humana, social y económica (satisfactores básicos, salud pública, y exposición a desastres naturales).
4. Capacidades institucionales y sociales (infraestructura científica y técnica, participación y debate públicos, regulación ambiental, sistemas de información, ecoeficiencia y solución de fallas institucionales).
5. Responsabilidad global (contribución a esfuerzos internacionales, e impacto en recursos comunes ambientales).

Conclusiones parciales.

1. La bibliografía consultada muestra que a nivel mundial, tres son los problemas a los que se ha abocado el consumo desmedido de la energía:
 - ✚ En primer lugar, un deterioro del entorno;
 - ✚ En segundo lugar, un paulatino agotamiento de los recursos naturales;
 - ✚ Y en tercer lugar, un desequilibrio irracional en el reparto del consumo y uso de la energía.
2. El mundo se plantea a nivel mundial conformar una política energética acorde al desarrollo sostenible, encaminadas a las siguientes direcciones principales:
 - ✚ Elevación de la eficiencia energética.
 - ✚ Sustitución de fuentes de energía, por otras de menor impacto ambiental.
 - ✚ Empleo de tecnologías para atenuar los impactos ambientales, o tecnologías limpias.
 - ✚ Empezar medidas adecuadas para el uso responsable de la energía.
 - ✚ Promover el uso de vehículos de bajo consumo de combustible.
 - ✚ Elaborar Programas de eficiencia energética, de educación energética y de protección del medio ambiente.
 - ✚ Establecer normas de economía de consumo medio de combustibles en las empresas.
3. Pocos signos indican que esté en marcha el urgente cambio de rumbo necesario en las tendencias energéticas mundiales.
4. La era de los combustibles fósiles dista mucho de haber terminado, pero la preponderancia de estos disminuirá.

Capítulo 2. Los sistemas de gestión energética y su aplicación en los principales sectores industriales del mundo de hoy.

2.1. Análisis de las tendencias en el desarrollo de los sistemas de gestión energética.

La Gestión Empresarial incluye todas las actividades de la función gerencial que determinan la política, los objetivos y las responsabilidades de la organización, las cuales ponen en práctica a través de: la planificación, el control, el aseguramiento y el mejoramiento del sistema de la organización.

La Gestión Energética o Administración de Energía como subsistema de la gestión empresarial abarca en particular las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial, que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas.

Los sistemas de gestión energética están encaminados a la administración eficiente de la adquisición, transformación, transporte y uso final de la energía en la organización, bajo la supervisión de la gerencia, con el objetivo de reducir los costos de producción, sin que la misma desvíe la atención y los recursos de su actividad principal productiva. Se realizan mediante un proceso de reingeniería de la gestión energética, que instala en la entidad procedimientos, herramientas y capacidades para su uso continuo y se compromete con su consolidación elevando las posibilidades técnico-organizativas en la gestión por la reducción de sus costos energéticos.¹⁴

La aplicación de un sistema de gestión energética avanzado para soportar la gestión energética de la organización, constituye una práctica novedosa. Estos precisan de la existencia¹⁵ de una estructura organizativa, un comité o comisión de ahorro de energía, así como de un administrador de energía capacitado y certificado, que permitan contribuir significativamente a la mejor gestión energética en las organizaciones. La ausencia de un proceso formalizado para la administración de la

¹⁴ Conferencia Regional hacia el establecimiento de una Norma Internacional para un sistema de Gestión de la Energía. (2008).

¹⁵ BORROTO, ANÍBAL Y MONTEAGUDO YANES, JOSÉ P. (n.d.). Gestión Total y Eficiente de la Energía. Cienfuegos, Cuba: Universo Sur.

energía impide la evolución y el mejoramiento continuo de la misma. Ello supone, entonces, la necesaria formalización o institucionalización de la gestión energética como proceso en la organización.

En el transcurso de los años han existido diversos sistemas de gestión de la energía, los cuales han tenido similitudes y diferencias. Su aplicación ha tenido ventajas y desventajas las cuales hoy se han estandarizado con la norma ISO 50001.

La ISO 50001 comenzó a gestarse en el 2008 en el seno del Comité PC 242, grupo que ha estado liderado por la organización estadounidense ANSI y la brasileña ABNT, y en el que han participado 42 países y otros 12 han sido observadores. Fue publicada el 15 de Junio del 2011. Esta norma internacional ha tenido otros documentos antecesores. En el año 2007 AENOR publicó la Norma UNE 216301 Sistema de Gestión Energética y en el 2008 se publicó la norma europea EN 16001 cuyos requisitos y principios son prácticamente los mismos de la norma UNE y a la cual sustituyó.

La Norma ISO 50001 establece criterios universales para su uso en cualquier organización. En ella se conceptualiza como Sistema de Gestión de la Energía: el conjunto de elementos interrelacionados mutuamente o que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos, y los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos.

Esta Norma Internacional¹⁶ especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía a partir del cual la organización puede desarrollar e implementar planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía. Los sistemas de gestión permiten a la organización alcanzar los compromisos derivados de su política, tomar acciones, según sea necesario, para mejorar su desempeño energético y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de la norma. La cual se aplica a las actividades bajo el control de la organización y su utilización puede adecuarse a los requisitos específicos de la organización, incluyendo la complejidad del sistema, el grado de documentación y los recursos.

¹⁶ ISO 50001:2011. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. Vig. Desde 2011-06-15. —24p.

Se basa en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización tal como se ilustra en la figura 2.1.

El enfoque PHVA puede resumirse la manera siguiente:

- Planificar: llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea de base, los indicadores de desempeño energético, los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización;
- Hacer: implementar los planes de acción de gestión de la energía;
- Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación a las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados;
- Actuar: tomar acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el Sistema de Gestión Energética.

En ella no se establece requisitos absolutos del desempeño energético, más allá de los compromisos establecidos en la política energética de la organización y de su obligación de cumplir con los requisitos legales aplicables y otros requisitos. Por lo tanto, dos organizaciones que realicen actividades similares, pero que tengan desempeños energéticos diferentes, pueden ambas cumplir con sus requisitos.

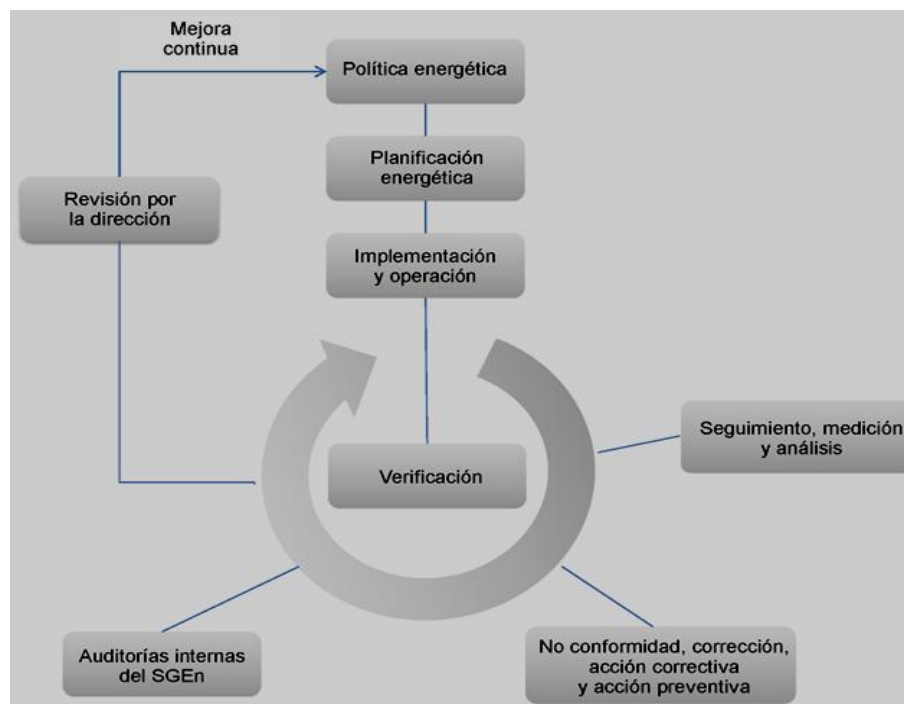


Figura 2.1. Esquema del ciclo de mejora continua de la ISO 50001¹⁷.

La ISO 50001 establece para los Sistemas de Gestión de Energía:

- **Requisitos generales:** La organización debe: establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar su sistema de gestión de acuerdo con los requisitos estandarizados. Definir y documentar el alcance y los límites del mismo. Determinar cómo cumplirá los requisitos con el fin de lograr una mejora continua de su desempeño energético y de su sistema de gestión.
- **Responsabilidad de la alta dirección de la organización:** La alta dirección debe demostrar su compromiso de apoyar el sistema de gestión y de mejorar continuamente su eficacia. La misma debe designar un representante(s) de la dirección con las habilidades y competencia adecuadas, quien, independientemente de otras responsabilidades, tiene la responsabilidad y la autoridad. Debe definir la política energética.
- **Política Energética:** Debe establecer el compromiso de la organización para alcanzar una mejora en el desempeño energético.

¹⁷ Ibídem.

- **Planeación Energética:** Debe ser coherente con la política energética y conducir a actividades que mejoren de forma continua el desempeño energético. Debe incluir una revisión de las actividades de la organización que puedan afectar al desempeño energético.
 - **Requisitos legales y otros requisitos:** La organización debe identificar, implementar y tener acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba relacionados con su uso y consumo de la energía, y su eficiencia energética. La organización debe determinar cómo se aplican estos requisitos a su uso y consumo de la energía, y a su eficiencia energética, y debe asegurar que estos requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba se tengan en cuenta al establecer, implementar y mantener el sistema de gestión.
 - **Revisión energética:** La organización debe desarrollar, registrar y mantener una revisión energética. La metodología y el criterio utilizados para desarrollar la revisión energética deben estar documentados.
 - **Línea de base energética:** La organización debe establecer una(s) línea(s) de base energética utilizando la información de la revisión energética inicial y considerando un período para la recolección de datos adecuado al uso y al consumo de energía de la organización. Los cambios en el desempeño energético deben medirse en relación a la línea de base energética. Esta debe mantenerse y registrarse.
 - **Indicadores de desempeño energético:** La organización debe identificar los apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético. La metodología para determinarlos y actualizarlos debe documentarse y revisarse regularmente. Estos deben compararse con la línea de base energética.
 - **Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía:** La organización debe establecer, implementar y mantener objetivos energéticos y metas energéticas documentados correspondientes a las funciones, niveles, procesos o

instalaciones pertinentes dentro de la organización. Deben establecerse plazos para el logro de los objetivos y metas. Estos deben ser coherentes con la política energética. Las metas deben ser coherentes con los objetivos.

- **Implementación y Operación:** La organización debe utilizar los planes de acción y los otros elementos resultantes del proceso de planificación para la implementación y la operación.
- **Verificación de Desempeño:**
 - **Seguimiento, medición y análisis:** La organización debe asegurar que las características clave de sus operaciones que determinan el desempeño energético se sigan, se midan y se analicen a intervalos planificados.
 - **Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos:** La organización debe evaluar, a intervalos planificados, el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos que suscriba relacionados con su uso y consumo de la energía. Deben mantenerse registros de las evaluaciones de cumplimiento.
 - **Auditoría interna del sistema de gestión de la energía:** La organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados para asegurar que el sistema de gestión cumple con las disposiciones planificadas para la gestión de la energía, incluyendo los requisitos de esta Norma Internacional; cumple con los objetivos y metas energéticas establecidos; se implementa y se mantiene eficazmente, y mejora el desempeño energético.
 - **No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva:** La organización debe tratar las no conformidades reales y potenciales haciendo correcciones, y tomando acciones correctivas y preventivas.
 - **Control de los registros:** La organización debe establecer y mantener los registros que sean necesarios para demostrar la conformidad con los requisitos de su sistema de gestión y de esta Norma Internacional, y

para demostrar los resultados logrados en el desempeño energético. La organización debe definir e implementar controles para la identificación, recuperación y retención de los registros. Los registros deben ser y permanecer legibles, identificables y trazables a las actividades pertinentes.

- **Revisión de la alta Dirección:** La alta dirección debe revisar, a intervalos planificados, el sistema de gestión de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas.

La aplicación de esta norma puede ser adoptada a los requerimientos de una organización incluyendo la complejidad del sistema, el grado de documentación y recursos, y se aplica a las actividades controladas por la organización.

La norma ISO 50001 conlleva numerosas ventajas para las entidades¹⁸:

- Reducción de costos: es una de las pocas normas que habla de eficiencia y de reducción de costos.
- Reducción de emisiones de CO₂. Además del evidente cuidado al medioambiente, esta reducción de emisiones supone un valor añadido en la imagen de la empresa como entidad sostenible y comprometida con la sociedad.
- Más seguridad de suministro.
- Supone una ventaja competitiva: hay pocas empresas que ahora mismo estén certificadas según esta norma.

Además a través de la normalización de la gestión energética se logrará la disminución del impacto ambiental asociado a la explotación de los diferentes tipos de energía, lo que conlleva a los siguientes beneficios:

- Mejora de la eficiencia de los procesos.
- Promoción de tecnologías menos contaminantes.
- Disminución de los costos de control
- Facilitación de la adaptación a mayores exigencias legislativas y a otros requisitos.

¹⁸ La nueva ISO 50001 en boca de todos. (n.d.). Recuperado el 17 de Mayo de 2012, de [http://www.infocalidad.es/noticias/BSI Group \(British Standards Institution\)/BSI Group celebra hoy una jornada en Madrid/ La nueva ISO 50001, en boca de todos - Infocalidad.html/](http://www.infocalidad.es/noticias/BSI%20Group%20(British%20Standards%20Institution)/BSI%20Group%20celebra%20hoy%20una%20jornada%20en%20Madrid/La%20nueva%20ISO%2050001,%20en%20boca%20de%20todos%20-%20Infocalidad.html/).

- Mejora de la imagen y marca de la empresa en el mercado.

2.2. Desarrollo normativo de los sistemas de gestión energética. El paso a la norma ISO 50001 y su papel en el mundo de hoy.

Las normas de gestión de calidad, ambiental y energía comienzan a implementarse a finales de la década del 70 y no logran su total consolidación hasta los años 90. En la década del 80 comienzan en los países desarrollados la aplicación de normas del sistema de gestión energética. En la tabla 1.1, se presenta una cronología de las principales normas utilizadas en el mundo.

Tabla 2.1. Cronología de los diferentes tipos de Normas del sistema de gestión energética

Nº	Título de la norma	País	Año
1	JISZ 9212	Japón	1982
2	JISZ 9211	Japón	1983
3	B 0071	Corea del Sur	1985
4	AS 3595	Australia	1990
5	AS 3596	Australia	1992
6	ANSI/IEEE 739	Estados Unidos	1995
7	HB 10190 2001 739	Reino Unido	1995
8	PLUS 1140	Canadá	1995
13	ANSI/MSE 2000	Estados Unidos	2000
9	DS 2403	Dinamarca	2001
10	GB/T 5587	China	2003
11	SS 627750	Suecia	2003
12	BIP 2011	Reino Unido	2003
14	IS 393	Irlanda	2005
16	VDI 4602	Alemania	2007
17	UNE 216301	España	2007
15	PREN 16001	España	2008
16	ISO 50001	Suiza	2011

También podemos ver una cronología de directivas implantadas por la Unión Europea, con el fin de reducir las emisiones de CO₂, el consumo de energía y mitigar el impacto ambiental que trae consigo el derroche de energía¹⁹:

- 1986: Mercado interior de Energía.
- 1992: Directiva 92/75/CEE del 22 de septiembre de 1992 relativa a la indicación del consumo de energía y de otros recursos de los aparatos domésticos, por medio del etiquetado y de una información uniforme sobre los productos.
- 1993: La Directiva 93/76/CEE del Consejo, de 13 de septiembre de 1993, relativa a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono mediante la mejora de la eficacia energética (SAVE), que exige a Eficiencia energética Estados miembros instaurar y aplicar programas de rendimiento energético en el sector de los edificios e informar sobre su aplicación.
- 1994: Tratado de la Carta Europea de Energía.
- 1995: Libro Verde Una Política Energética para la UE COM (94) 659; Libro blanco sobre Una política energética para la Unión COM (95) 682.
- 1997: Libro Blanco sobre Energías Renovables.
- 1998: Comunicación sobre Uso Eficiente de la Energía y Grado de Liberalización de los Mercados Energéticos.
- 2000: Libro verde Hacia una estrategia europea de seguridad de abastecimiento energético COM (2000) 769.
- 2001: Constitución del Mercado Común de Energía Directivas GIC y Eficiencia energética TNE 2001/80/CE y 2001/81/CE.
- 2002: Directiva Europea de eficiencia energética en la edificación (Directiva 2002/91/CE).
- 2005: Libro Verde sobre Eficiencia Energética. Directiva 25/32/CE del 6 de julio del 2005 por la que se instaura el marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía.

¹⁹ Eficiencia energética. (n.d.). Recuperado el 18 de Enero de 2012, de <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-eficiencia-energetica.htm> (17 of 35).

- 2006: El Consejo Europeo discutió el Libro Verde sobre la Energía, acogió sus prioridades, hizo un llamamiento a una «revisión periódica de la estrategia energética de la UE»; Directiva Europea sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos (Directiva 2006/91/CE).
- 2007 Eficiencia energética: Paquete de Medidas energéticas con nuevos objetivos al 2020.

En los últimos años ha existido una tendencia a elaborar normas internacionales de gestión por la International Standardization Organization (ISO) y los comités nacionales adoptarlas con las siglas nacionales e internacionales, por ejemplo en Cuba se tiene la norma NC ISO 9001:2008 para el Sistema de Gestión de Calidad.

La clave para un Sistema de Gestión de la Energía exitoso es que éste sea asumido como propio y sea integrado completamente a los procesos de gestión dentro de la organización, es decir, que las implicaciones de la administración de la energía sean consideradas en todas las etapas del proceso de desarrollo de nuevos proyectos, y que esas implicaciones formen parte de cualquier cambio en el control de procesos.

Actualmente más de 800 organizaciones europeas, de distintos tamaños y muy variado campo de actividad, tienen certificado su sistema de gestión energética según la norma EN 16001, se prevé que en años sucesivos se produzca una transición a la ISO 50001.

La ISO 50001 proviene de la ANSI/MSE 2000:2005 y ANSI/IEEE 739:1995, la cual comparte principios comunes del sistema de gestión con la serie de normas ISO 9000 (conceptos y definiciones) y la ISO 14000 (medio ambiente), cuyo propósito es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo la eficiencia, uso, consumo e intensidad de la energía. La implementación de esta norma internacional debería conducir a una reducción en el costo de la energía, la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, a través de una gestión sistemática de la energía. Contribuye al uso más eficiente de las fuentes energéticas disponibles, aumentando la competitividad e impactando positivamente en el cambio climático.

Considera todos los tipos de energía, incluyendo la renovable, no renovable y alternativa. Requiere la identificación, priorización y registro de oportunidades para

mejorar el desempeño energético, incluyendo, donde sea posible, fuentes energéticas potenciales, uso de energías renovables o alternativas. Es aplicable a todos los tipos de organizaciones independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales. Sin embargo, no establece requisitos absolutos para el desempeño energético más allá del compromiso en la política energética de la organización y su obligación de cumplir con los requisitos legales y de otra índole que sean aplicables. Así, dos organizaciones llevando a cabo similares operaciones, pero teniendo diferente desempeño energético, pueden ambas cumplir con sus requisitos. El éxito de su implementación depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y especialmente de su administración central.

2.3. Características comunes de los sistemas de gestión energética aplicadas a la industria.

En el mundo existen y se aplican hasta el momento actual diferentes modelos de sistemas de gestión energética. Los cuales tienen características, tendencias y aspectos comunes, pero a la vez tienen diferencia en los modelos que proponen cada uno.

Los modelos de gestión energética en las empresas nacen de la necesidad de hacer los procesos de producción más eficientes e impactar de la mejor manera sobre la competitividad, productividad y la contaminación ambiental. La mayoría de estos están estructurados para permitir la mejora continua. Dicha estructura se compone por un conjunto de pasos lógicos (no necesariamente deben cumplirse en estricto orden) que permiten la implementación de un sistema de gestión energética. A continuación se muestran algunos de estos modelos.

Tabla 2.2. Modelos de gestión energética a nivel mundial.

Modelos de gestión energética a nivel mundial.		
Organización	Modelos de gestión	País
Centro de Gestión Energética y Medio Ambiente, Georgia.	Sistema de Gestión Energética. Norma ANSI-MSE 2000.	U.S.A.

Modelos de gestión energética a nivel mundial.		
Organización	Modelos de gestión	País
Centro de Estudio de Energía y Medio Ambiente.	Gestión Total Eficiente de la Energía.	Cuba.
Energy Star.	Pautas para la Gerencia de la Energía.	U.S.A.
G. G. Rajan.	Optimizing Energy Efficiencies in Industry.	U.S.A.
CIPEC	Canadian Industry Program for Energy Conservation.	Canada
NPC	National Productivity Council (Dirección de Energía y Auditoria).	U.S.A.
W. Smith	Proceso Industrial y Eficiencia Energética.	Canadá
Eve. Ente Vasco de Energía.	Gestión Energética Integral.	España.
Victoria.	Developing an Energy Management System State Government of Victoria.	Australia.
Universidad Federal de Goias.	Eficiencia Energética e Uso Racional de la Energía.	Brasil.
PNL.	An Energy Guide For Industrial Plant Managers.	Ucrania.
KAI.	Metodología para la Implementación de un Sistema de Gestión Energética.	Colombia.
E. Posada.	Gestión de la Energía Industrial	Colombia
UPB.	Metodología para el Control del Consumo Energético.	Colombia.
O. Prias.	Modelo de Gestión Integral de la Eficiencia Energética en Ambientes Competitivos.	Colombia.

Los modelos anteriores presentan en su mayoría los siguientes aspectos.

Aspectos comunes.²⁰

- Tiene como objetivos inmediatos: reducir costos, impacto ambiental y elevar competitividad.
- Son basados en el modelo general de mejora continua: Ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).
- El liderazgo de la implementación y aplicación del modelo está en la gerencia.
- Existe una entidad colectiva que dirige y evalúa la implementación y operación del modelo: Comité de Energía, Equipo de Mejora Energética u otras.
- Existe un representante de gerencia que organiza y controla las actividades del modelo en la empresa.
- Utiliza la figura de equipos de mejora temporales para implementar programas, tareas o medidas de eficiencia energética.
- Incluyen la actividad de monitoreo y control de indicadores a nivel de procesos y empresas, aunque los indicadores pueden ser de consumo, de eficiencia y de gestión.
- Incluyen un paso de elaboración de política, objetivos, metas y responsabilidades.
- Incluyen un paso de diagnóstico, elaboración de un plan, evaluación económica de las tareas del plan, ejecución, verificación y seguimiento.
- Indican la necesidad de sistemas de información y divulgación de la gestión energética.
- Enfocan su gestión en cambios organizacionales, preparación de los recursos humanos, cambios tecnológicos, mantenimiento y mejora de equipos y cambios de los procedimientos operacionales y de gestión.

Los aspectos diferenciadores²¹.

²⁰ VIDAL MEDINA, JUAN R., & PRIAS CAICEDO, OMAR F. (2007). Modelos de Gestión Energética. Un análisis crítico. Presentado en el Primer Congreso Internacional de Materiales, Energía y Medio Ambiente, Barranquilla, Colombia.

²¹ Ibídem.

- Enfocarse en el impacto que tiene sobre la eficiencia energética la gestión de la producción y el mantenimiento.
- Involucran en la gestión energética actividades específicas de diferentes áreas de la gestión organizacional: contabilidad, finanzas, compras, ventas, operación, calidad, seguridad operacional, planeación de la producción, innovación y gestión tecnológica.
- Indican la necesidad de alineación de la dirección de equipos de mejora, empleados/operadores, en los objetivos a lograr y las medidas a implementar en la gestión energética.
- Plantean el uso del monitoreo on line, no solo para el control de los consumos e indicadores energéticos, sino también para el diagnóstico operacional de equipos, incremento de productividad y la calidad del producto.
- Indican la conveniencia de establecer a nivel de centros de costo modelos económicos de relación eficiencia energética-costo de procesos o productos.

Dentro de estos modelos, la gestión integral de la energía²², es un mecanismo que contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos energéticos de una organización y en consecuencia se convierte en un instrumento que aporta al planeamiento energético favoreciendo un abastecimiento oportuno, seguro y eficiente y por un desarrollo sostenible.

²² Colectivo de Autores. (2008). Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la Implementación. Bogotá D.C, Colombia: Dígitos y Diseños.

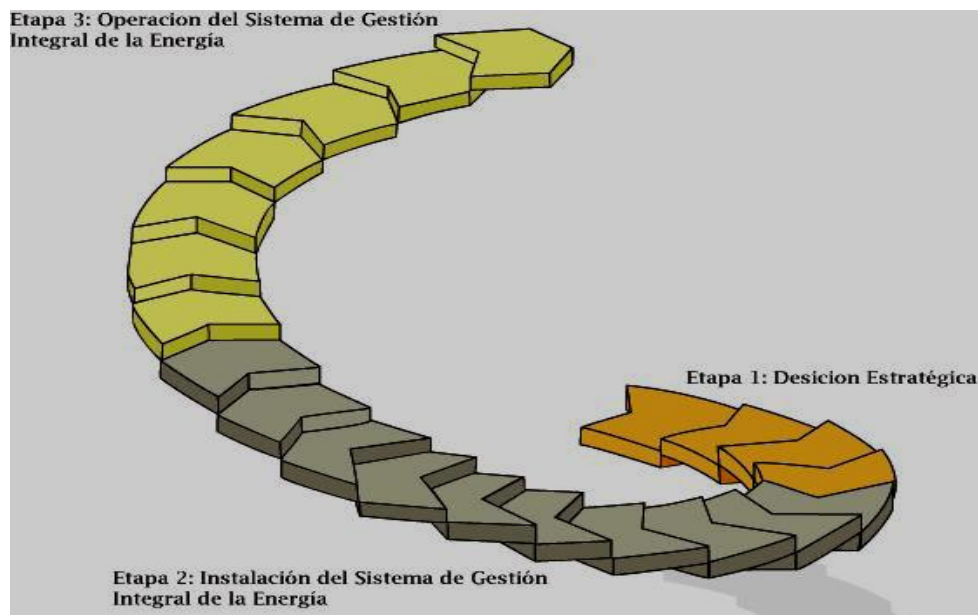


Figura 2.2. Esquema del Sistema de Gestión Integral de la Energía²³.

Consiste en la implementación estructurada de un conjunto de procesos, procedimientos y actividades que se integra al modelo de gestión administrativa de la empresa, con el objetivo de eliminar el uso improductivo de la energía, alcanzar los mínimos consumos y costos de energía posibles, sin sacrificio de la productividad. Es un proceso rentable, de mejora continua de los hábitos y las tecnologías y cuyos resultados conllevan la generación de cultura energética y ambiental la verificación del incremento de la productividad, competitividad y la reducción de los impactos ambientales.

Actualmente la gestión de la energía a nivel empresarial.

- ✚ Está dirigida a cambios tecnológicos.
- ✚ Se concentra en equipos y sistemas de servicios
- ✚ Es controlada por indicadores de consumo
- ✚ Es planificada por históricos.
- ✚ No cuenta con suficiente medición
- ✚ Se basa en información insuficiente sobre verdaderos costos
- ✚ Es asignada y administrada por un coordinador
- ✚ Su financiamiento es crónico

²³ Ibídem.

- ✚ Presenta discontinuidad en el tiempo

La importancia de la gestión de la energía

- ✚ Propende por la productividad y competitividad
- ✚ Reduce costos de operación y mantenimiento, es rentable y autofinanciable
- ✚ Genera una estructura administrativa al interior del centro productivo capaz de gerenciar los recursos energéticos
- ✚ Integra áreas importantes (operación, proyectos, compras, producción, mantenimiento) alrededor de un objetivo común
- ✚ Eleva el nivel de seguridad operacional y mantiene actualizada la tecnología
- ✚ Mitiga efectos ambientales negativos y ayuda al cumplimiento de la ISO 14000
- ✚ Genera cultura operacional y de mantenimiento.
- ✚ Permite acceso a beneficios financieros y tributarios.

La gestión integral de la energía es una cultura organizacional.



Figura 2.2. Gestión Integral de la Energía.

Impactos y resultados de la instalación y operación del sistema de gestión integral de la energía.

1. Identifica la magnitud y el alcance de las mejoras en el uso de la energía que pueden obtenerse en la empresa.

2. Identifica y prepara los equipos y el personal clave de la empresa para reducir los costos energéticos.
3. Permite el control y el análisis de las causas de las variaciones en el consumo y costos energéticos
4. Identifica y justifica el orden en que deben implementarse los proyectos de baja, media o alta inversión para reducir los costos energéticos de la empresa en forma rentable.
5. Identifica, establece y mantiene el desarrollo de buenas prácticas de operación y mantenimiento de los equipos y procesos que usan la energía.
6. Identifica establece y mantiene un programa adecuado de conservación de los equipos de medición y control vitales para el uso eficiente de la energía
7. Eleva y mantiene el nivel de cultura operacional, tecnológica y energética de la organización.
8. Establece la estructura técnico-organizativa necesaria para mantener el uso eficiente de la energía.
9. Mantiene competente y motivado al personal clave en el uso eficiente de la Energía.
10. Permite medir el resultado de las inversiones realizadas en la reducción de los costos energéticos.

El ejemplo anterior muestra la estructura de un modelo que tiene semejanzas y diferencia de los listados anteriormente, pero en esencia su estructura queda contenida en lo que establece la norma ISO 50001.

2.4 Criterios de las diferentes normas de eficiencia energética a nivel mundial a tener en cuenta en los sistemas de gestión para la definición de la “línea base energética” y los “indicadores energéticos” para el diagnóstico y control energético.

La Norma internacional ISO 50001.

La Norma internacional ISO 50001 establece los requisitos de un sistema de gestión de la energía basado en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar –

Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización. En la etapa de planificar establece se debe llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea de base, los indicadores de desempeño energético (IDEn), los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización y establece que:

La Revisión energética²⁴: determina el desempeño energético de la organización y está basada en datos y en otros tipos de información, que la orientan a identificar oportunidades de mejora.

La organización debe desarrollar, registrar y mantener una revisión energética y la metodología y el criterio utilizados para su desarrollo deben estar documentados.

Para desarrollar la revisión energética, la organización debe:

- a) Analizar el uso y el consumo de la energía basándose en mediciones y otro tipo de datos, es decir:
 - identificar las fuentes de energía actuales;
 - evaluar el uso y consumo pasados y presentes de la energía;
- b) Basándose en el análisis del uso y el consumo de la energía, identificar las áreas de uso significativo de la energía, es decir:
 - identificar las instalaciones, equipamiento, sistemas, procesos y personal que trabaja para, o en nombre de, la organización que afecten significativamente al uso y al consumo de la energía;
 - identificar otras variables pertinentes que afectan a los usos significativos de la energía;
 - determinar el desempeño energético actual de las instalaciones, equipamiento, sistemas y procesos relacionados con el uso significativo de la energía;
 - estimar el uso y consumo futuros de energía;
- c) Identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético. Las oportunidades pueden tener relación con fuentes potenciales

²⁴ ISO 50001:2011. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. Vig. Desde 2011-06-15. —24p.

de energía, la utilización de energía renovable u otras fuentes de energía alternativas.

La revisión energética debe ser actualizada a intervalos definidos, así como en respuesta a cambios mayores en las instalaciones, equipamiento, sistemas o procesos.

La Línea de base energética²⁵: debe ser la referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético. Debe reflejar un período específico y se debe utilizar para calcular los ahorros energéticos, como una referencia antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético. También se puede normalizar utilizando variables que afecten al uso y/o al consumo de la energía, por ejemplo, nivel de producción, grados-día (temperatura exterior), etc.

La organización debe establecer una(s) línea(s) de base energética utilizando la información de la revisión energética inicial y considerando un período para la recolección de datos adecuado al uso y al consumo de energía de la organización. Los cambios en el desempeño energético deben medirse en relación a la línea de base energética. Esta debe mantenerse y registrarse.

Los Indicadores de desempeño energético (IDEn)²⁶: Se definen como el valor cuantitativo o medida del desempeño energético tal como lo defina la organización. Estos pueden expresarse como una simple medición, un cociente o un modelo más complejo. La organización debe identificar los apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético.

La metodología para determinarlos y actualizarlos debe documentarse y revisarse regularmente. Estos deben compararse con la línea de base energética.

Norma Española .Sistema gestión energética UNE 216301

La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) estableció en el 2007 la Norma UNE 216301²⁷ donde se establecieron los requisitos a tener en los Sistema gestión energética. Esta norma provee un mecanismo para fomentar la

²⁵ Ibídem.

²⁶ Ibídem.

²⁷ UNE 216301:2007. Sistemas de gestión energética. Requisitos. Vig. Desde 2007-11. —17p.

eficiencia energética en las organizaciones, el ahorro energético y la disminución de las emisiones de los gases que provocan el cambio climático.

El Sistema de Gestión Energética se ha basado en el ciclo de mejora continua Planificar-Hacer- Verificar-Actuar (PHVA) y es compatible con otros sistemas de gestión que las organizaciones dispongan. La norma específica los requisitos para un sistema de gestión energética, destinado a permitir que una organización desarrolle un sistema para la mejora continua en el desempeño energético, que tenga en cuenta los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba, independientemente del tipo de energía²⁸.

En la etapa de Planificación se considera la evaluación de los aspectos energéticos de la organización la cual debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para²⁹:

- ✓ identificar los aspectos energéticos de sus actividades/operaciones, productos y servicios, que pueda controlar aquellos sobre los que pueda influir dentro del alcance definido de su Sistema de Gestión Energética, teniendo en cuenta los desarrollos nuevos o planificados, o las actividades/operaciones, productos y servicios nuevos o modificados; y
- ✓ determinar cuáles de aquellos aspectos energéticos tienen o pueden tener un impacto significativo en el desempeño energético.

La evaluación debe incluir³⁰:

- ✓ los usos pasados y presentes basados en mediciones y otros datos. La importancia relativa de los aspectos energéticos deberá basarse, en la medida de lo posible en mediciones;
- ✓ una identificación de las actividades, las operaciones, productos y servicios, equipos y/o sistemas con impacto significativo en el desempeño energético de la energía;
- ✓ una identificación de las personas/funciones de la organización cuyo trabajo puede influir en el desempeño energético o uso de la energía;
- ✓ una identificación de las oportunidades de mejora detectadas;

²⁸ UNE 216301:2007. Sistemas de gestión energética. Requisitos. Vig. Desde 2007-11. —17p.

²⁹ *Ibíd.*

³⁰ *Ibíd.*

- ✓ fuente de las energías utilizadas y potencial de uso de energías renovables o energías no usadas para la organización, propias o de terceros;
- ✓ seguridad y calidad del aprovisionamiento energético.

La organización debe asegurarse de que los aspectos energéticos significativos y las oportunidades de mejora detectadas se tengan en cuenta en el establecimiento, implementación y mantenimiento del Sistema de Gestión Energética.

La organización debe documentar esta información, revisarla periódicamente y mantenerla actualizada.

En la Norma se define:

- *Aspecto energético*³¹: elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el uso de la energía.
- *Aspecto energético significativo*³²: Aquel que tiene o puede tener un impacto significativo en el uso de la energía que realiza la organización.

Norma ANSI. MSE 2000. Sistema de administración de Energía.

Otra de las Normas internacionales que estableció requisitos para sistemas de administración de la energía es la ANSI: MSE 2000. En esta norma existe la planificación y los requisitos que establece son muy sencillos y elementales comparados con las exigencias de las normas anteriores. En esta no se menciona la revisión energética, ni la línea de base energética.

Planificación de la energía³³.

Se realiza para los nuevos o para los cambios de los sistemas de energía. En estos casos se analizará el perfil de energía, información externa, previsiones interiores y externas, e información en las fuentes de energía, el mantenimiento que necesita, funcionamientos, las emisiones y disposición, seguridad y salud, la coordinación de acciones planeadas, y su efecto en el sistema de energía entero.

³¹ Ibídem.

³² Ibídem.

³³ ANSI MSE 2000:2000. A Management System for Energy. Vig. Desde 2011-06-15. —22p.

El Perfil de energía³⁴.

Establece que la organización debe documentar los hechos y cálculos relacionados al uso de energía, al rendimiento orgánico, indicadores de energía, y la información financiera.

Información externa³⁵.

La información sobre los aspectos externo a la organización, como los aranceles, proveedores, y previsiones de disponibilidad de energía y costó, será considerado, como apropiado.

Secuencia de planeación³⁶

El equipo responsable del SGE establecerá la política y metas de la alta dirección de la organización.

Valoración de la energía³⁷.

La información sobre el estado actual de equipo y procesos relacionado a la compra de energía, su uso, almacenamiento y disposición se hará en una base de datos. Esta información se usará para identificar las oportunidades para la mejora continua.

Características comunes de las normas anteriores

- Aplicable a todo tipo de organizaciones.
- Utiliza modelo PHVA (planificar -hacer -verificar -actuar).
- Independiente.
- Compatible con otros sistemas

Objetivos comunes de las normas anteriores.

- Fomentar eficiencia energética en las organizaciones.
- Fomentar el ahorro de energía.
- Disminuir las emisiones de gases que provocan el cambio climático

Las normas anteriores no indican mecanismos y/o herramientas a las organizaciones de cómo realizar la revisión y la línea de base energética.

El Sistema de Gestión Total y Eficiente de la Energía³⁸ propone a las organizaciones un sistema con diferentes herramientas para realizar la revisión y la línea base

³⁴ Ibídem.

³⁵ Ibídem.

³⁶ Ibídem.

³⁷ Ibídem.

energética. El mismo muestra cómo elaborar los gráficos y aporta criterios para evaluar los resultados y posibles soluciones a tomar por los decisores.

La elaboración de un diagrama de dispersión de la energía usada por un periodo determinado con respecto a la producción durante ese mismo periodo constituye una forma de crear la línea de base energética para las organizaciones industriales y de servicios. Este gráfico de Energía vs. Producción es una de las herramientas que propone el Sistema de Gestión Total y Eficiente de la Energía. El mismo puede realizarse por tipo de portador energético, y por áreas, considerando en cada caso la producción asociada al portador en cuestión. Por ejemplo: una fábrica de helados graficará el consumo de combustible o electricidad versus las toneladas de helados producidas, mientras que en un hotel turístico se puede graficar el consumo de electricidad o de gas versus los cuartos-noches ocupados³⁹.

Con el diagrama de Energía versus Producción se puede determinar en qué medida la variación de los consumos energéticos se deben a variaciones de la producción. Muestra si los componentes de un indicador de consumo de energía esta correlacionado entre sí, y por tanto, si el indicador es válido o no. Se puede establecer nuevos indicadores de consumos o costos energéticos, determinar la influencia de factores productivos de la organización sobre los consumos energéticos y establecer variables de control. Se identifica el modelo de variación promedio de los consumos respecto a la producción y se determina cuantitativamente el valor de la energía no asociada a la producción.

Para realizar este tipo de gráfico se debe⁴⁰:

1. Recolectar los datos de consumo de energía y producción asociada a ellos para el mismo periodo de tiempo seleccionado (día, mes, año, etc.).
2. Graficar los pares (E, P) en un diagrama x, y. En el eje y se ubica la escala de consumo energético y en el eje x la escala de producción.

³⁸ BORROTO NORDELO, ANÍBAL. E., y MONTEAGUDO YANES, JOSÉ P. (n.d.). Sistema de Gestión Total y Eficiente de la Energía. Cienfuegos, Cuba: Universo Sur.

³⁹ *Ibídem*.

⁴⁰ *Ibídem*.

- Utilizando el método de los mínimos cuadrados o algún paquete estadístico, determinar el coeficiente de correlación entre E y P. Trazar la recta que más ajuste a los puntos situados en el diagrama o línea de tendencia.
- Calcular analíticamente la pendiente y el intercepto de la recta, expresando su ecuación de la forma:

$$E = m.P + E_0$$

Dónde:

E - consumo de energía en el período seleccionado.

P - producción asociada en el período seleccionado.

m – pendiente de la recta que significa la razón de cambio medio del consumo de energía respecto a la producción.

E_0 – intercepto de la línea en el eje y, que representa la energía no asociada directamente al nivel de producción.

m.P – es la energía utilizada en el proceso productivo.

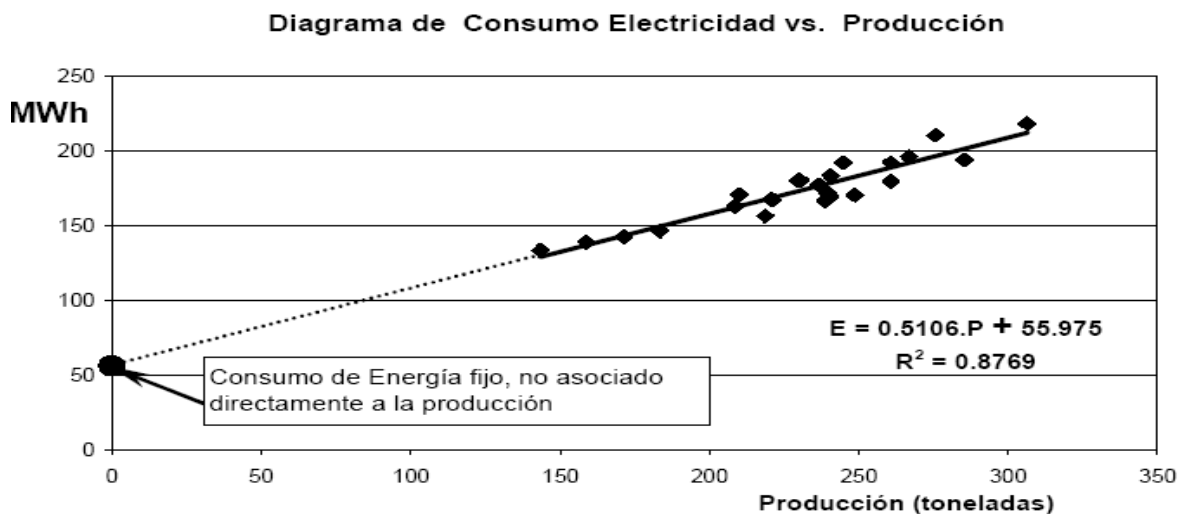


Figura 2.3. Gráfico de dispersión, consumo contra producción⁴¹.

La energía no asociada directamente al nivel de producción en una empresa puede corresponder a:

- Iluminación de plantas, electricidad para oficinas, ventilación.

⁴¹ Ibídem.

- Áreas climatizadas, tanto de calefacción como de aire acondicionado.
- Energía usada en servicios de mantenimiento.
- Trabajo en vacío de equipos eléctricos o térmicos.
- Energía perdida en salideros de vapor, aire comprimido, deficiente aislamiento térmico, etc.
- Pérdidas eléctricas por potencia reactiva.
- Pérdidas por radiación y convección en calderas y equipos térmicos.
- Precalentamiento de equipos y sistemas de tuberías.

El porcentaje de energía no asociada directamente al nivel de producción (E_{na}) se determina como:

$$E_{na} = (E_o/E_m).100, \%^{42}$$

Dónde:

E_m – es el valor del consumo medio de energía determinado como el valor de la línea central del gráfico de control de consumo del portador energético correspondiente.

El valor del porcentaje de energía no asociada directamente al nivel de producción debe ser tan pequeño como sea posible. Este valor varía con el tipo de producción y de proceso tecnológico utilizado para una producción dada. Constituye un parámetro a monitorear y controlar.

El Sistema de Gestión Total de la Energía indica que se puede considerar adecuados, a los efectos de estos análisis energéticos, valores del coeficiente de correlación $R^2 \geq 0,75$. Valores de dicho coeficiente inferiores al valor señalado⁴³ indican una débil correlación entre los parámetros representados en el diagrama de dispersión, y por tanto, que el índice de consumo formado por el cociente entre ellos no refleja adecuadamente la eficiencia energética en la entidad, área o equipo mayor consumidor en cuestión.

Luego de haber realizado el gráfico de dispersión y el nivel de correlación del mismo, se puede obtener el Índice de Consumo. El cual se corresponde a la función $IC = f(P)$, y se obtiene de la siguiente forma:

$$E = m.P + E_o$$

⁴² Ibídem.

⁴³ Ibídem.

$$IC = E/P = m + E_o/P$$

$$IC = m + E_o/P$$

A continuación se presenta un gráfico real de IC vs P, en el que se observa la influencia del nivel de producción sobre el índice de consumo.

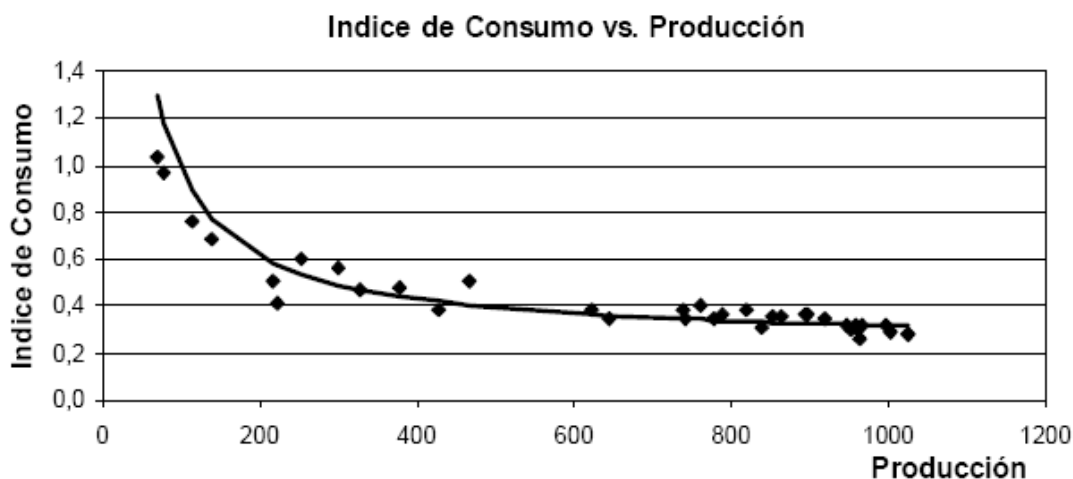


Figura 2.4. Gráfico de dispersión, Índice de Consumo vs Producción⁴⁴.

El gráfico anterior muestra como el índice de consumo aumenta al disminuir el nivel de la producción realizada. En la medida que la producción se reduce debe disminuir el consumo total de energía, como se aprecia en la expresión $E=f(P)$, pero el gasto energético por unidad de producto aumenta. Esto se debe a que aumenta el peso relativo de la energía no asociada a la producción respecto a la productividad. Si la producción aumenta, por el contrario, el gasto por unidad de producto disminuye, pero hasta el valor límite de la pendiente de la ecuación $E=f(P)$. En cada gráfico IC vs P existe un punto donde comienza a elevarse significativamente el índice de consumo para bajas producciones. Este punto se denomina punto crítico. Las producciones por encima del punto crítico no cambian significativamente el índice de consumo; sin embargo, por debajo del punto crítico este se incrementa rápidamente.

⁴⁴ Ibídem.

Conclusiones parciales:

1. La Norma ISO 50001 establece criterios universales para su uso en cualquier organización.
2. Un Sistema de Gestión de la Energía será exitoso si es asumido como propio y es integrado completamente a los procesos de gestión dentro de la organización.
3. Las Normas internacionales relacionadas con la gestión energética:
 - a. La Norma ANSI. MSE 2000. Sistema de administración de Energía,
 - b. La Norma Española .Sistema gestión energética UNE 216301 y
 - c. La Norma ISO 50001

Tienen los siguientes aspectos comunes:

- Aplicable a todo tipo de organizaciones.
 - Se basan en el modelo PHVA (planificar -hacer -verificar -actuar).
 - Son independiente.
 - Compatible con otros sistemas
 - Fomentan la eficiencia energética en las organizaciones.
 - Fomentan el ahorro de energía.
 - Disminuyen las emisiones de gases que provocan el cambio climático.
4. Las normas de gestión energética no indican cómo realizar la línea de base energética y qué hacer con los indicadores de desempeño energético.
 5. El Sistema de Gestión Total y Eficiente de la Energía utiliza un grupo de herramientas adecuadas para realizar la línea de base energética y establecer indicadores de desempeño energético.

Capítulo 3. Base de datos de indicadores energéticos para benchmarking de los sectores industriales a nivel mundial.

3.1. Refinerías de petróleo.

Las refinerías de petróleo son un sistema complejo de múltiples procesos, los cuales comienzan con el desalado del crudo al mezclarlo con agua y posteriormente se separa con productos químicos desemulsificante o con un campo eléctrico que separa el agua con sales disueltas del crudo. El crudo desalado pasa por un horno hasta que alcanza una temperatura aproximadamente de 390°C y es introducido en una torre de destilación a una presión ligeramente mayor que la atmosférica.

En la columna de destilación atmosférica es fraccionado según la temperatura de condensación de los hidrocarburos. En este proceso no se logra fraccionar todo el crudo, por lo que quedan residuos pesados que son llevados a otra columna de destilación donde es sometido a bajas presiones (0,2 a 0,7 psi) para aumentar su volatilidad y facilitar la separación en productos derivados del petróleo. El hecho de que a la salida de las unidades mencionadas, prácticamente ninguno de los productos pueda considerarse como acabado, justifica la existencia de otras unidades destinadas a mejorar y transformar estos productos.

Entre las unidades en las cuales se transforman las moléculas de los hidrocarburos, ya sea destruyéndola y convirtiéndola en moléculas más ligeras o insertando productos moderadores que mejoran su estructura, se encuentran las de craqueo, ya sean térmicos o catalíticos, hidro craqueo catalítico, alquilación, isomerización, polimerización. También existen otras destinadas a refinar los derivados como son los hidrotratamientos, extracción con solventes, desparafinado, el desasfaltado con propano y el reformado catalítico; que este último tiene cuatro tipos de reacciones principales: deshidrogenación de naftenos, deshidrociclación de parafinas, de isomerización y de hidro craqueo. En el Anexo 1 se muestra un esquema de proceso de una refinería donde se puede observar la mayoría de estos procesos.

3.1.1. Tipos de refinería.

Las refinerías se pueden clasificar según los procesos que la constituyen. Las que cuentan con la unidad de destilación atmosférica, reformado catalítico e hidrotratamientos son llamadas Hydroskimming (Figura 3.1). También existen las de

Conversión Simple (Figura 3.2) y la de Conversión Profunda, que tienen las mismas unidades que las del tipo Hydroskimming, más una unidad de destilación al vacío y otra de craqueo catalítico fluido (FCC). Las de Conversión Profunda (Figura 3.3) cuenta además con una unidad de coquización, que es lo que la diferencia de las de Conversión Simple.

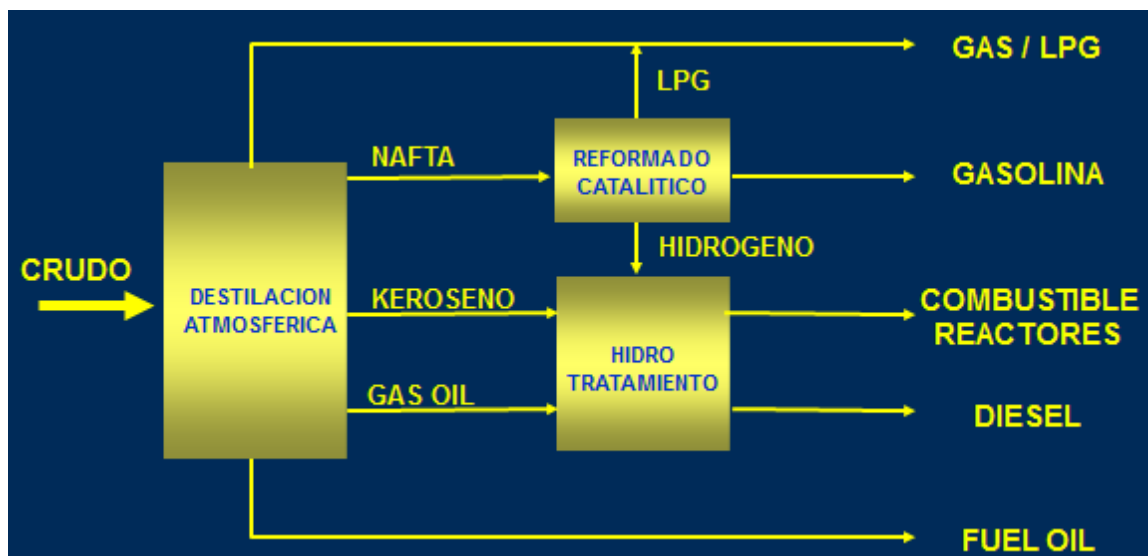


Figura 3.1. Esquema de proceso de una refinera del tipo Hydroskimming.

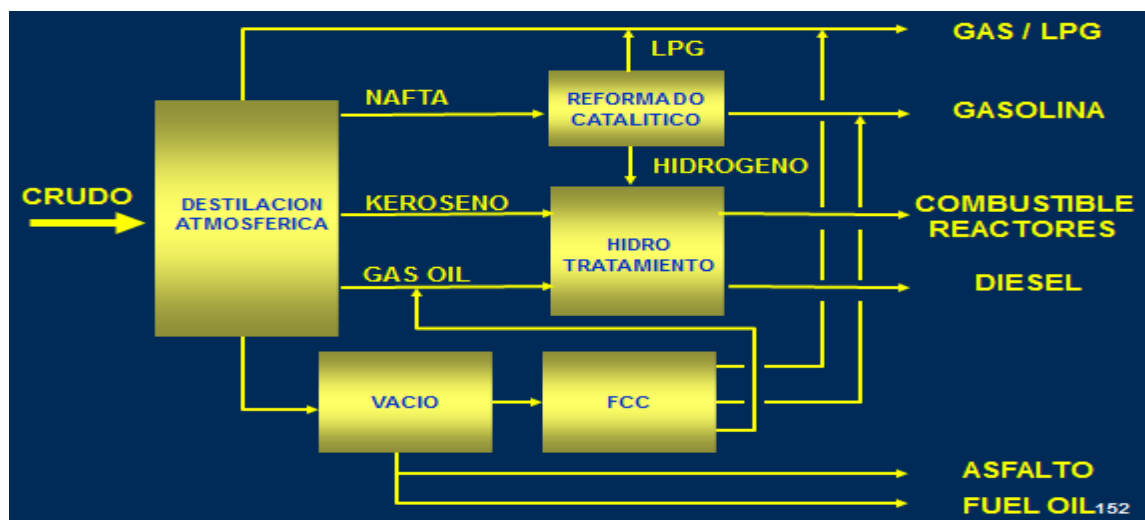


Figura 3.2. Esquema de proceso de una refinera del tipo Conversión Simple.

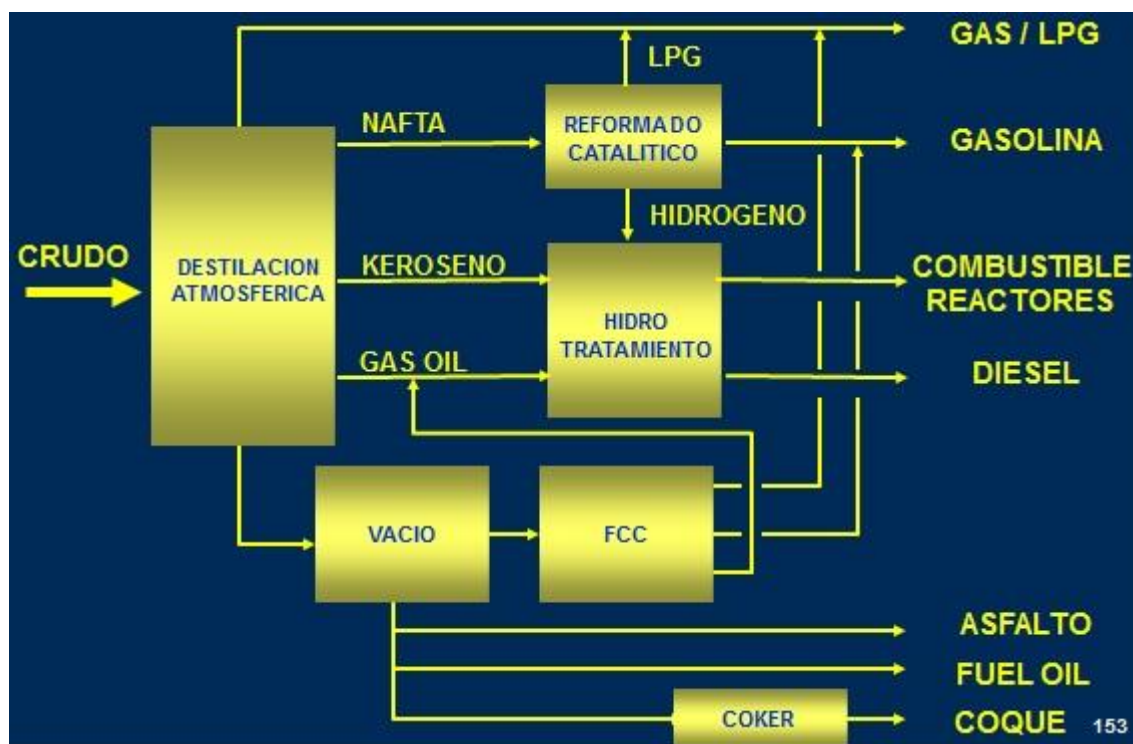


Figura 3.3. Esquema de proceso de una refinería del tipo Conversión Profunda.

3.1.2. Indicadores de desempeño energético.

En el mundo del refino del petróleo existen varios indicadores de desempeño energético que se usan como referencia. La Asociación de Benchmarking Solomon usa un índice el cual se obtiene desarrollando los factores de consumo de energía estándar para cada unidad de proceso en la industria; se multiplica para cada instalación, por el factor de consumo y se suman los valores de cada unidad para dar un nivel de consumo de energía para la planta. El valor de consumo obtenido se divide entre el uso de energía real de la planta, para obtener un porcentaje llamado Índice de Intensidad Energética o su nombre en inglés Energy Intensity Index (EII). Esta asociación realizó un estudio de 16 refinерías en Canadá, donde estableció un rango de valores para su tipo de indicador de desempeño energético (Gráfico 3.1). Estos valores no son los reales obtenidos en este estudio, ya que es confidencial, pero si son una media de los estudios hechos por Solomon. Para toda planta que su índice de intensidad energética es igual o menor que 90%, son plantas innovadoras del uso de la energía que deben mantener su programa de monitoreo y las buenas practicas operacionales de la energía; y continuar observando las oportunidades de

ahorro. Pero si está entre 91 y 100%, su planta necesita invertir en mejorar el uso de la energía. Cuando se encuentra por encima de 101% no es competente con las demás plantas; es necesario realizar una auditoria energética para determinar las áreas con mayor consumo.

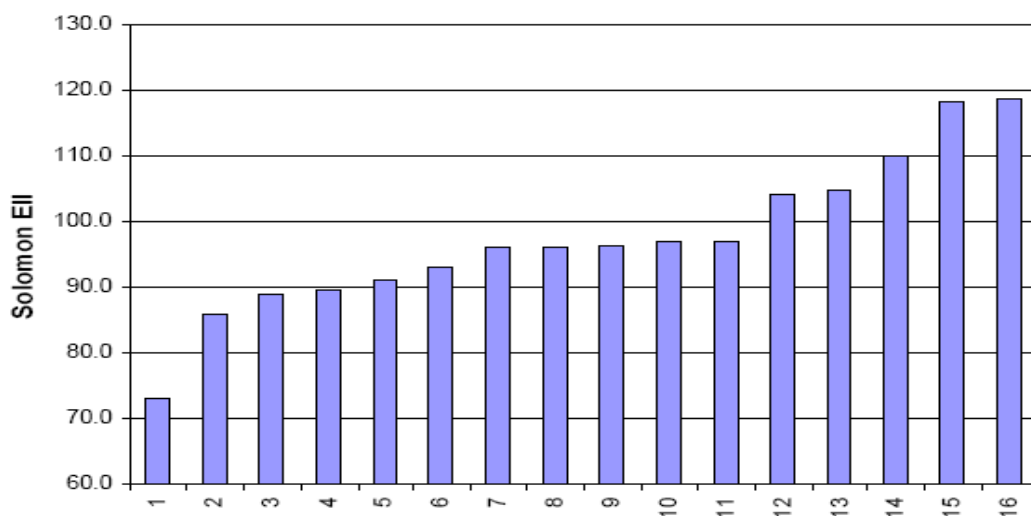


Gráfico 3.1. Índice de Intensidad Energética Solomon⁴⁵.

La asociación Solomon no sólo ha llevado sus estudios a Canadá, sino que lo extendió internacionalmente, llegando hasta Europa y Oriente Medio, en los cuales estableció un rango de valores del Índice de Intensidad Energética por países como se muestra en el siguiente gráfico.

⁴⁵ NYBOER, J., & RIVERS, N. (2002). Energy Consumption Benchmark Guide Conventional Petroleum Refining in Canada. Ottawa, Canadá: Canadian Industry Program for Energy Conservation. Recuperado de www.cppi.ca.

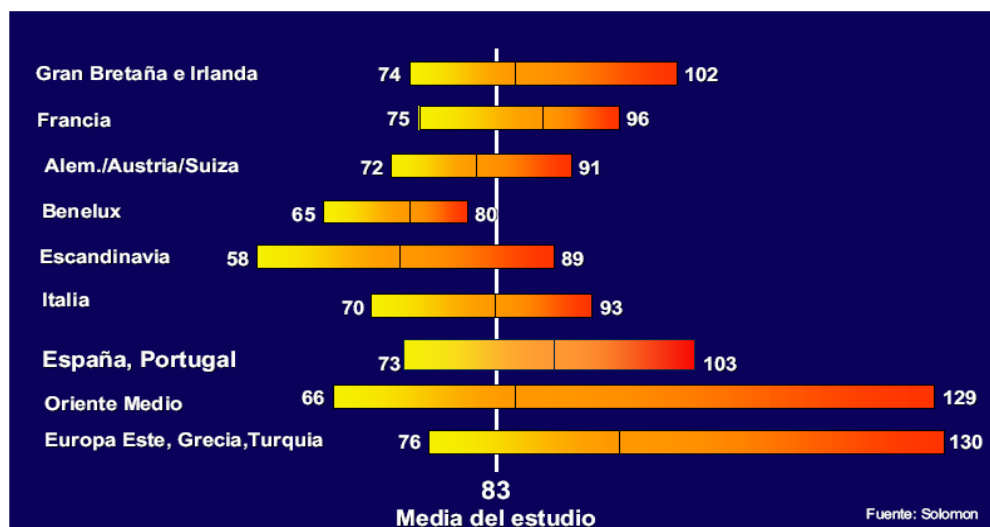


Gráfico 3.2. Índice de Intensidad Energética Solomon para los países europeos.

También existe un indicador capaz de evaluar una planta completa, denominado Índice de Complejidad de Nelson. El cual describe la capacidad de conversión secundaria en comparación con la capacidad de conversión primaria (destilación atmosférica) de cualquier refinería. Para obtener este índice se le asigna un factor a cada unidad basándose en la complejidad del proceso y su costo en comparación con la unidad de destilación atmosférica que se le asigna un factor de complejidad de 1,0 (Tabla 3.1). Estos factores se multiplican por la capacidad de cada unidad para obtener el Índice de Capacidad de Destilación Equivalente (CDE), los cuales se suman para tener un CDE total y se dividen entre la capacidad de la unidad de destilación atmosférica, donde se obtiene el Índice de Complejidad de Nelson para la refinería en general. Un índice de nueve o más indica que es una refinería avanzada.

Tabla 3.1. Factor de Complejidad de Nelson por proceso⁴⁶.

Unidad de proceso	Factor de Complejidad
Destilación atmosférica	1,0
Destilación al vacío	2,0
Procesos térmicos	

⁴⁶ Johnston, D. (1996, March 18). Complexity index indicates refinery capability, value. Oil and Gas Journal.

Unidad de proceso	Factor de Complejidad
Categorías 1 y 2	2,75
Categorías del 3 al 5	6,0
Craqueo catalítico	6,0
Reformado catalítico	5,0
Hidrocraqueo catalítico	6,0
Hidrorefinación catalítica	3,0
Hidrotratamiento catalítico	2,0
Alquilación/Polimerización	10,0
Aromáticos/Isomerización	15,0
Lubricantes	10,0
Asfaltos	1,5
Producción de Hidrogeno (Mcf/d)	1,0
Oxigenados (MTBE/TAME)	10,0
Operaciones térmicas	
Craqueo térmico	3,0
Visbreaking	2,5
Coking Fluido	6,0
Coking retardado	6,0
Otros	6,0

La media del Índice de Complejidad de Nelson en Latinoamérica es de 4,7; en Canadá promedian 7,1 y en Estados Unidos 9,5. En el Gráfico 3.3 se observa el ranking de las refinerías de los países europeos en cuanto al Índice de Complejidad de Nelson y es de destacar que en el 2010 el índice más alto lo tenía la refinería de Jamnagar en la India, con más de 14,0.

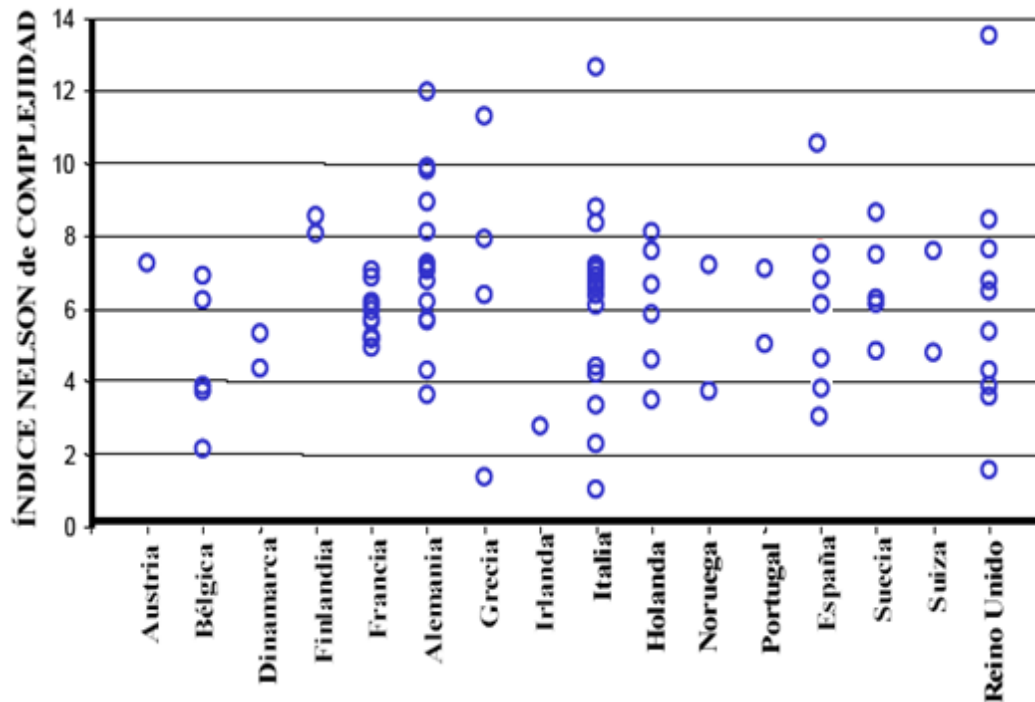


Gráfico 3.3. Índice de Complejidad de Nelson para las refinerías europeas.

3.2. Industria del Cemento.

El cemento se inventó hace aproximadamente 2000 años por los romanos, de forma totalmente fortuita, como ha ocurrido con otros inventos. Al hacer fuego en un agujero recubierto de piedras, consiguieron deshidratar y descarbonatar parcialmente las piedras calcáreas o el yeso, convirtiéndolas en polvo que se depositó entre las piedras. Al llover, dicho polvo unió las piedras entre sí.

En la actualidad los materiales más usados en la fabricación del cemento son la caliza, la tiza y la arcilla. La caliza ocupa la mayor parte en su composición, la cual se extrae de una cantera adyacente o cercana a la planta. Esta proporciona el óxido de calcio y algunos otros óxidos requeridos, mientras que la arcilla, el esquisto y otros materiales proporcionan el silicón, el aluminio y los óxidos férricos.

El crudo o la materia prima es triturada inicialmente para reducir el tamaño de las piedras extraídas de la cantera a través de una mandíbula o un aplastador giratorio, posteriormente es triturado hasta obtener la finura deseada para la entrada al horno rotatorio por un molino de rodillos o de martillos. Este proceso de molienda difiere según el tipo de proceso térmico utilizado por la planta.

En las plantas de proceso seco el material crudo es triturado en un polvo fino en molinos horizontales de bolas o en molinos verticales de rodillos, posteriormente es pasado por precalentadores de suspensión de varias etapas hasta alcanzar una humedad que puede estar en el rango de 0-0,7%. Cuando el material crudo es insertado en el horno ocurre la deshumificación, calcinación y clinquerización de los materiales que forman el cemento. El clínquer formado es enfriado y molido nuevamente hasta que tenga una consistencia similar al polvo de cara.

En el proceso húmedo el material crudo es mezclado con agua, donde la mezcla puede contener de 24-48% de humedad. Esta emulsión es triturada en un molino de bolas hasta formar una pasta, que es filtrada antes de entrar al horno. Los hornos rotatorios para este tipo de proceso son más largos, con una proporción de longitud/diámetro de 38, y longitudes de hasta 230 m; con el objetivo de alcanzar una mejor uniformidad química en el proceso de calcinación y clinquerización.

Otro tipo de proceso es el semiseco donde la humedad del crudo puede estar entre 17-22%. A diferencia del proceso húmedo, en este es triturada, filtrada y posteriormente granulada por extrusión la pasta antes de entrar al horno. (Figura 3.4).

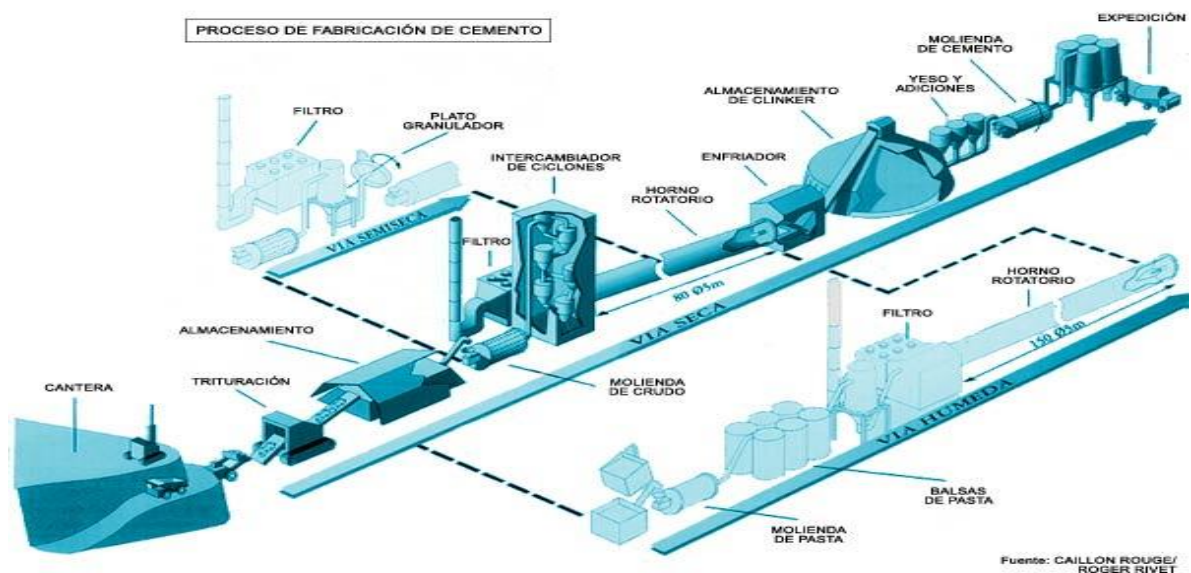


Figura 3.4. Esquema de proceso de la Industria del Cemento.

3.2.1. Indicadores de desempeño energético.

La Asociación de Benchmarking Solomon extendió su frontera hasta la industria del cemento, ofreciendo su Índice de Intensidad Energética como medio de referencia. El mismo se obtiene al multiplicar por un factor de conversión correspondiente a cada consumo de la planta. Estos consumos son sumados para tener el consumo general de la planta, y es dividido por la producción de clínquer producida.

Esta asociación, al igual que para la industria del refino, estableció un marco de referencia para este tipo de industria (Gráfico 3.4). Las plantas que se encuentran por debajo del primer cuartil (4 GJ/t de clínquer) son innovadoras del uso de la energía. Las que se encuentran entre el 5-11 (4,1-5 GJ/t de clínquer), la planta necesita invertir en mejorar el uso de la energía. Pero si está por encima de 12 (5,1 GJ/t de clínquer), la planta no tiene un uso eficiente de la energía.

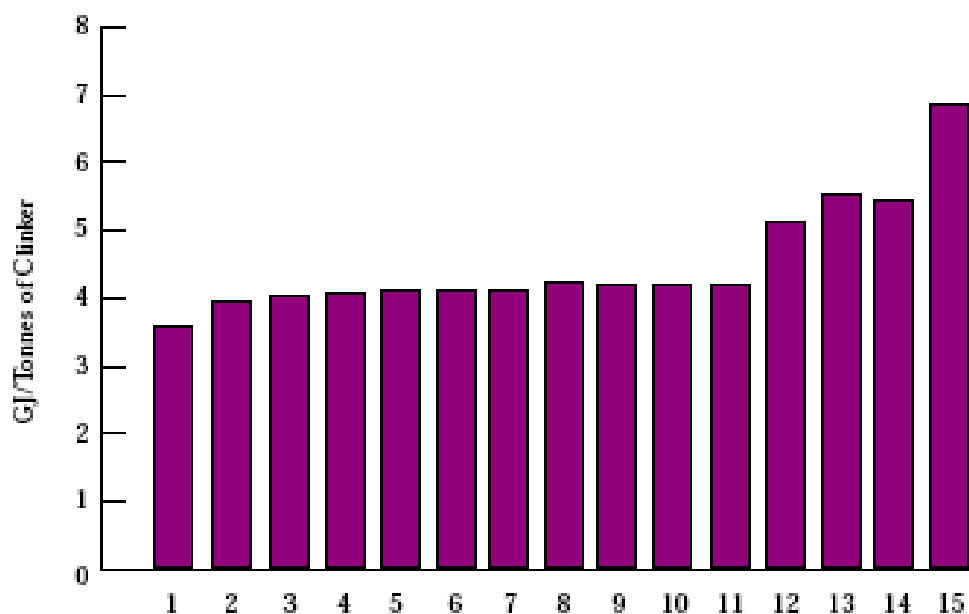


Gráfico 3.4. Índice de Intensidad Energética Solomon para la Industria del Cemento⁴⁷.

Como marco de referencia también se tienen los consumos por procesos de la Industria del Cemento, ya sean de proceso húmedo, seco o semiseco. Para el proceso de preparación de la materia prima se requiere entre 25-35 kWh/t de clínquer. En las plantas de proceso húmedo el horno tiene un consumo de

⁴⁷ Colectivo de Autores. (2001). Energy Consumption Benchmark Guide: Cement Clinker Production. Ottawa, Canadá: Energy Innovators Initiative in Canada Natural Resources Canada. Recuperado de <http://oee.nrcan.gc.ca>.

combustible de 5,3-7,1 GJ/t de clínquer, sin embargo en los procesos secos con calentadores de suspensión de 4 o 5 fases consumen entre 3,2-3,5 GJ/t de clínquer y los de 6 fases tienen un consumo de 2,9-3,0 GJ/t clínquer, donde los más eficientes usan 2,9 GJ/t de clínquer.

La trituración de acabado utiliza de 32-37 kWh/t de clínquer para una finura de 3500 cm²/g de cemento. El almacenamiento, ya sea en silos, el llenado en bolsas o el envío a granel debe ser el 5% del consumo general de la planta, como máximo 10 kWh/t de clínquer. Las bandas transportadoras consumen entre 1-2 kWh/t de clínquer.

3.3. Industria de Pastas y Papel.

La madera es la principal fuente de celulosa (pasta) con un contenido aproximado del 55% de celulosa, siendo el resto una mezcla de lignina, resinas, azúcares y varios extractivos.

Dependiendo de la especie de árboles empleados y los procedimientos de obtención, las pastas papeleras se clasifican:

- Atendiendo a la especie de árbol:
 - a) Pastas de fibra larga (Softwood). Se refiere a las maderas blandas como las coníferas: pino, abeto, pinabeto.
 - b) Pastas de fibra corta (Hardwood). Se refiere a las maderas duras como las frondosas: eucalipto, abedul, haya, roble, chopo, etc.
- Atendiendo a los procedimientos de obtención:
 - a) Pastas mecánicas. Estas se clasifican en dos tipos:
 - 1. De muela: Pastas mecánica clásica (SGW), Pastas mecánica a presión (PGW)
 - 2. De refino: Pastas mecánica de refino tradicional (RMP), Pasta termomecánica (TMP), Pastas química termomecánica (CTMP).
 - b) Pastas químicas. Estas se clasifican en dos tipos:
 - 1. Ácidas: pastas al bisulfito de calcio, de amonio, de magnesio.
 - 2. Alcalinas: Pasta a la sosa, Pastas Kraft (sulfato)
 - c) Pastas semiquímicas.

d) Pastas destintadas (DIP). Procedentes de papeles reciclados.

3.3.1. Pastas mecánicas.

El proceso mecánico de fabricación de pastas papeleras aprovecha todo el material de la madera (celulosa, hemicelulosa, lignina, resina, etc.), mientras que en los procesos químicos parte de estos componentes son disueltos por productos químicos utilizados en la cocción de la madera. En consecuencia, el rendimiento de las pastas mecánicas es superior al de las pastas químicas⁴⁸.

El principio de fabricación de las pastas mecánicas consiste en deshacer, por medios puramente mecánicos, los paquetes de fibras que forman la madera, obteniéndose finalmente una mezcla acuosa formada por fibras leñosas en suspensión y restos de madera que son necesarios eliminar.

La masa anterior se somete posteriormente a un proceso de cribado secuencial para eliminar progresivamente los restos de madera y las fibras de tamaño grosero, hasta la obtención de una papilla constituida por las fibras leñosas de tamaño deseado, a la que llamamos pasta.

La suspensión de pasta se somete a un proceso de espesado para eliminar el agua y proceder a su blanqueo con agua oxigenada y posterior prensado y secado antes de expedirla a los clientes.

Las máquinas empleadas para obtener la pasta mecánica están formadas por elementos giratorios, que actúan a presión contra la madera y en su movimiento de giro ejercen una acción de desgaste en la superficie de la misma a la vez que se libera gran cantidad de energía, que calienta la madera facilitando la separación de las fibras leñosas de su superficie.

3.3.1.1. La pasta mecánica de muela (SGW).

Se obtiene a partir de troncos descortezados, los cuales se someten a la acción giratoria de una muela cuya parte periférica está recubierta de un material abrasivo (cerámica, granito, etc.) con un grado de pulido adecuado en función de la calidad de

⁴⁸ Colectivo de Autores. (n.d.). Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones. Pasta y Papel. Sociedad Pública Gestión Ambiental.

la pasta que se desea obtener. A este proceso de separación de fibras se le llama desfibrado y a las maquinas que ejercen esta función se les denominan desfibradoras. (Figura 3.5).

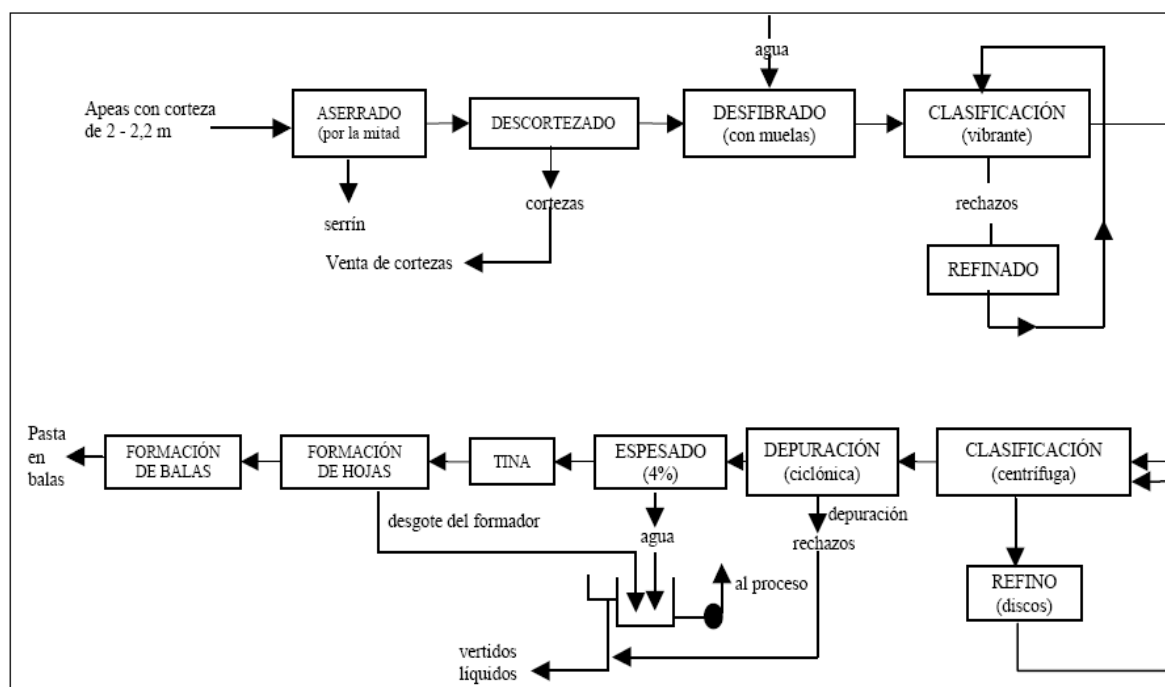


Figura 3.5. Esquema de proceso para la fabricación de Pastas Mecánica de Muela⁴⁹.

3.3.1.2. La pasta termomecánica (TMP).

Se obtiene a partir de astillas de madera, las cuales se someten a un precalentamiento con vapor para reblandecerlas, seguido de un tratamiento de desfibrado en su paso a través de dos discos provistos de cuchillas, que giran en sentido contrario. Las maquinas provistas de pastas así producidas se les llame mecánicas de refinos.

Las pastas obtenidas por procedimientos mecánicos se caracterizan por lo siguiente:

- Alto rendimiento (95-98%).
- Alto consumo energético.
- Bajas características mecánicas.
- Difíciles de blanquear a blancuras superiores a 80°.

⁴⁹ Ibídem.

La materia prima más adecuada para la fabricación de pasta mecánica es la de coníferas, por tener mayor longitud de fibra que las frondosas.

El principal campo de aplicación de las pastas mecánicas es el del papel prensa, papeles de revistas, papeles de alto volumen y cartón de embalaje.

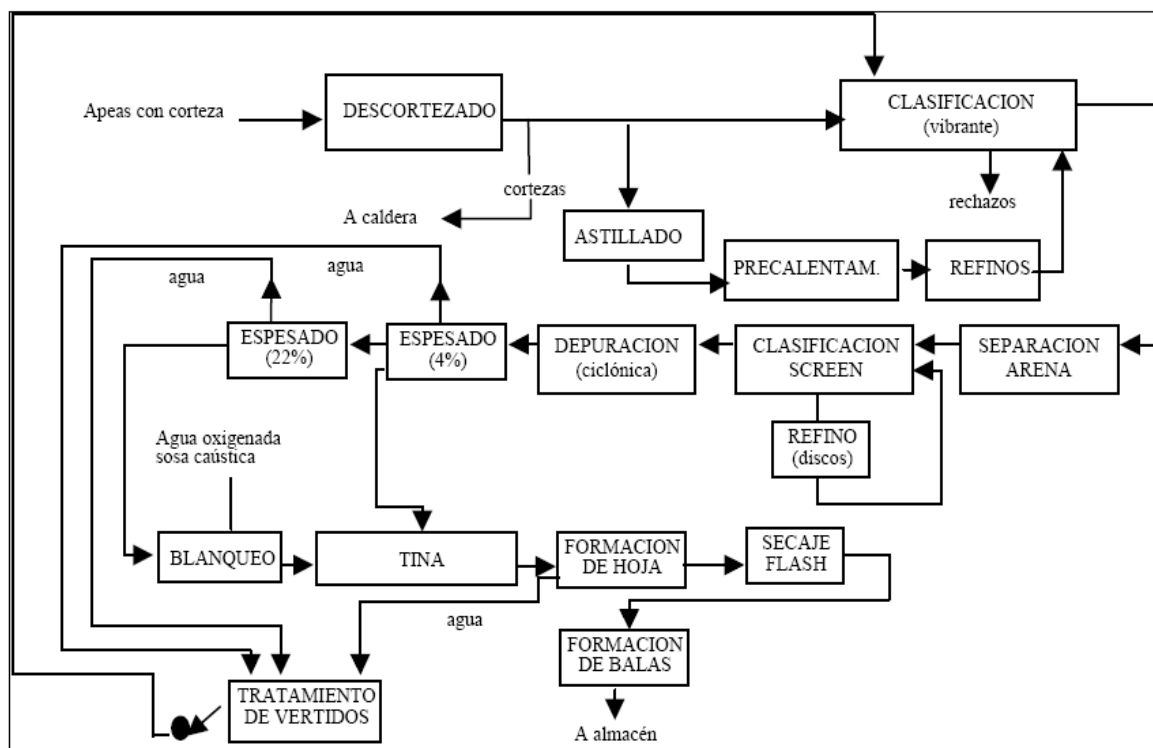


Figura 3.6. Esquema de proceso de fabricación de Pastas Termomecánicas⁵⁰.

3.3.2. Pastas Químicas.

El proceso de fabricación de pasta química (Figura 3.7) se basa en la liberación de las fibras de celulosa que intervienen en la composición de la madera por medio de productos químicos, los cuales dan generalmente el nombre al proceso correspondiente.

Los productos químicos activos actúan sobre la lámina media de la madera disolviendo la lignina que actúa como materia cementante entre las fibras, con lo que se consigue liberarlas de forma intacta, a diferencia del proceso mecánico en el que las fibras liberadas en forma de haces pueden estar rotas.

⁵⁰ Ibídem.

Para disolver la lignina, además de productos químicos, se emplea vapor a media presión que eleva la temperatura, con lo que se favorece la disolución de la lignina por los productos químicos seleccionados.

De los procesos químicos empleados para la fabricación de celulosa, los alcalinos son más interesantes que los ácidos porque fabrican pastas más resistentes y permiten la recuperación de los productos químicos que se emplean para ciertas aplicaciones de tipo textil.

Las pastas químicas pueden ser de coníferas o frondosas, pudiendo ser crudas (sin blanquear) o también blanqueadas. En la práctica casi no se fabrica pasta química cruda para el comercio, y la producción se dirige a su integración en máquina de papel o a su posterior blanqueo.

El rendimiento de las pastas químicas oscila entre el 40 y el 60% dependiendo del proceso, grado de deslignificación y especie de madera utilizada.

Entre los procesos alcalinos el proceso al sulfato también llamado “Kraft” es el de mayor importancia porque produce pastas más resistentes que el resto de los procesos. El proceso Kraft, que en alemán significa resistente, emplea sulfato sódico como elemento de reposición de los productos químicos activos de la cocción (sosa caustica y sulfuro sódico), de ahí que el proceso también reciba el nombre de proceso al sulfato.

El proceso Kraft se realiza en unos recipientes metálicos llamados digestores o lejiadoras, que pueden ser continuos (tipo Kamyr) o discontinuos por cargas (batch). Este tipo de fabricación de pasta sigue dos procesos en paralelo:

Fabricación de la pasta.

Almacenaje y tratamiento de madera.

Cocción de las astillas.

Depuración de pasta cruda.

Lavado.

Deslignificación con oxígeno.

Blanqueo.

Prensado, secado, y corte en hojas.

Recuperación de productos químicos.

Evaporación de lejías de cocción.

Quemado de lejías en caldera

Caustificación.

Decantación.

Filtrado y espesado de lodos.

Tratamiento de lodos en horno de cal.

Embalado y almacenado.

A continuación, se presenta de forma simplificada el esquema de proceso de fabricación de pasta Kraft.

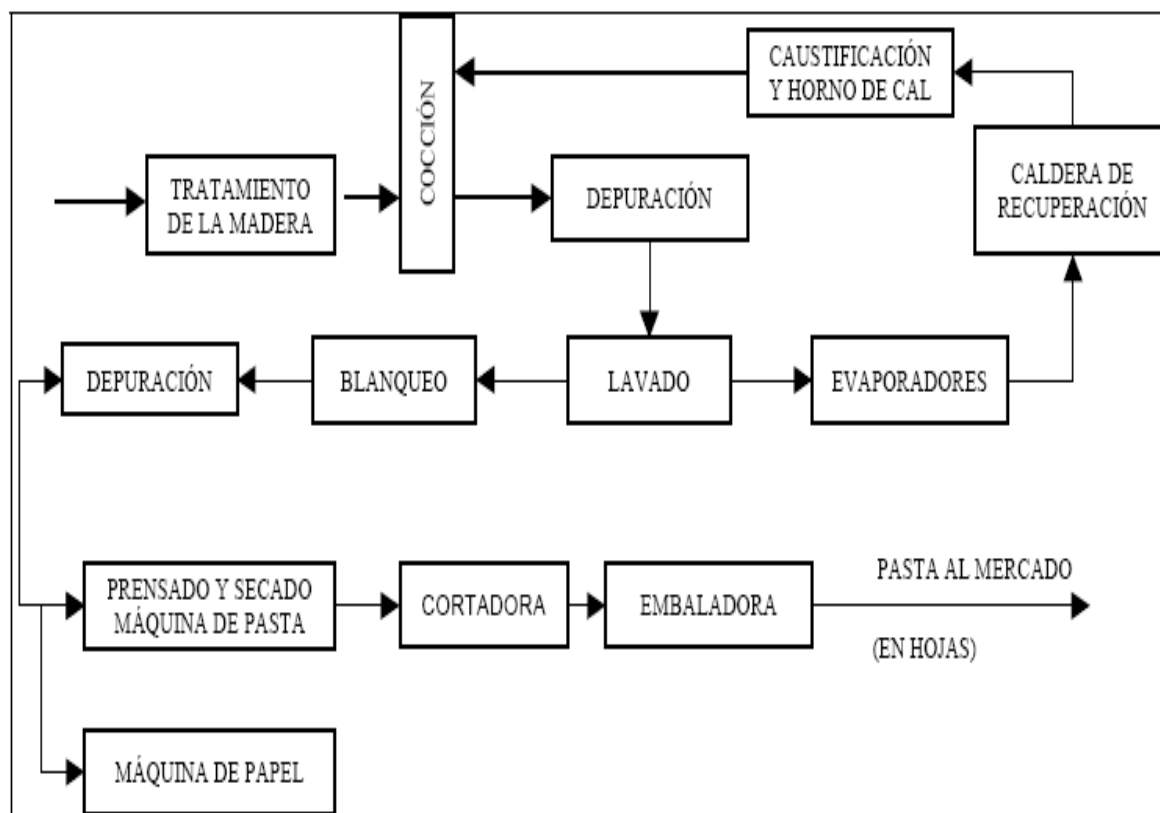


Figura 3.7. Esquema de proceso de fabricación de Pastas Químicas⁵¹.

3.3.2.1. Almacenado y tratamiento de la madera.

Las virutas de madera necesarias para la cocción, pueden ser producidas por la propia fábrica y también compradas de las serrerías cercanas a la planta.

Para producir las astillas se parte generalmente de troncos de madera, a los que previamente se les elimina la corteza en un tambor giratorio provisto de ranuras longitudinales, llamado descortezador. La corteza desprendida, se elimina a través de las ranuras del descortezador a una cinta colocada en su parte inferior, la cual envía la corteza bien sea a la propia caldera de cortezas o al destino final que cada fábrica tiene para la misma (escombreras).

⁵¹ Ibídem.

Puesto que la madera que llega a la fábrica, arrastra consigo piedras, arena y otras impurezas, generalmente se procede a un lavado de los troncos con agua en circuito cerrado antes de proceder al descortezado de los mismos.

Los troncos desprovistos de corteza, se someten a un proceso de corte para producir astillas de tamaño conveniente (20x40x5 mm, aproximadamente) para enviarlas a los digestores de cocción. Durante el proceso de manipulado y corte, se genera residuos en forma de trozos de madera y serrín que son eliminados y enviados a la caldera de cortezas o al uso que la fábrica les destine.

3.3.2.2. Cocción Kraft.

Las astillas producidas en el proceso anterior, se introducen en el digestor continuo o discontinuo poniéndolas en contacto con los productos químicos activos de la cocción sosa caustica (NaOH) y sulfuro sódico (Na₂S). La masa de madera y líquido se calienta a temperaturas aproximadamente entre 150-170°C y presión de 7 kg/cm² durante 3 horas aproximadamente⁵². A este proceso se le llama pasta Kraft cruda, susceptible de ser blanqueada posteriormente en función de su destino final. El líquido final resultante de la cocción, portador de los productos químicos residuales y materia orgánica disuelta de la madera (lignina y otros carbohidratos), se envían a la etapa de recuperación para producir vapor, generar energía eléctrica y recuperar los productos químicos que se emplean en la cocción.

El grado de eliminación de la lignina (deslignificación) de cada cocción es una variable que se predetermina en función de la especie de madera empelada y que el destino final de la pasta fabricada sea o no para blanquear.

Durante la cocción Kraft se generan diversos gases y vapores malolientes derivados del azufre, que es preciso recoger y eliminar en instalaciones auxiliares adecuadas para evitar su emisión a la atmósfera.

Depuración de pasta cruda.

La pasta final obtenida en la cocción de las astillas, presenta restos de madera que permanecen en forma de la astilla original, llamados “nudos”, y también haces de fibras de madera que no han sido completamente transformados en pasta, llamados

⁵² Ibídem.

“incocidos” o también “shives”. Los “nudos” e “incocidos” se separan de la pasta por medio de varias etapas de depuración centrífuga. Los “nudos” y los “incocidos” separados se envían otra vez a cocción o también son eliminados como residuos.

3.3.2.3. Lavado de pasta cruda.

En la fabricación de pasta, se utiliza agua como vehículo de transporte de la pasta a lo largo de todo su proceso. Sin embargo, esta agua contiene productos químicos que es necesario recuperar para abaratar el costo de operación y eliminar su vertido. La pasta al final de la cocción se presenta como una masa oscura formada por la pasta propiamente dicha y un líquido o lejía residual de cocción también de color oscuro, cuyos componentes principales son: agua, productos químicos residuales de cocción y materias orgánicas disueltas, entre las que se encuentra la lignina.

El proceso de lavado consiste en desplazar con agua limpia y caliente la mayor parte de los productos químicos residuales y materia orgánica disuelta en la cocción de la madera, para enviarlos al ciclo de recuperación de productos químicos de la fábrica.

La acción completa de lavado se desarrolla en varias etapas sucesivas, pudiendo emplearse diferentes equipos, entre ellos los filtros rotatorios son los más comúnmente utilizados.

En los filtros rotativos, las fibras de pasta depositadas en la parte exterior del tambor forman una especie de manta sobre la que se arrojan sucesivas cortinas de agua caliente por medio de regaderas instaladas a lo largo del tambor. Los productos químicos de la pasta son arrastrados con el agua de lavado en su recorrido atravesando la manta de pasta hacia el interior del tambor, lo que se consigue con la ayuda del vacío ejercido desde dentro o también por presión de la cámara de aire situada encima del tambor del lavador. El agua portadora de los productos químicos, llamada lejía débil, que influye al interior del tambor, circula en contracorriente al avance de la pasta, evacuándose finalmente a los tanques de almacenamiento para su envío a la planta de recuperación.

3.3.2.4. Deslignificación con Oxígeno.

Las pastas crudas con destino al blanqueo pueden sufrir una deslignificación previa antes de pasar a la etapa de blanqueo final. Esta etapa de blanqueo intermedio emplea como agente activo el oxígeno en medio alcalino, al que se añaden pequeñas cantidades de sulfato de magnesio para preservar la calidad de la pasta producida. La deslignificación al oxígeno se puede realizar en una o en dos etapas. El rango normal de deslignificación en las fábricas de pasta para blanqueo, oscila del 30-50% en una etapa, y hasta el 70% en un sistema de dos etapas. Al final de la deslignificación se somete la pasta a un proceso de lavado para eliminar la materia orgánica y productos químicos contenidos en la misma antes de enviarla al proceso de blanqueo.

3.3.2.5. Blanqueo.

El propósito del blanqueo de pastas es eliminar la lignina e impurezas residuales de la misma, para obtener un producto final limpio y blanco para fabricar papel. Mientras que una pasta cruda tiene una blancura aproximadamente de 30° ISO, la pasta blanqueada se mueve en niveles de 88° a 91° ISO.

El blanqueo de la pasta Kraft se realiza en varias etapas, generalmente de tres a cinco. Los productos químicos activos más comunes son: cloro, dióxido de cloro, oxígeno, ozono, peróxido de hidrógeno y sosa cáustica.

El blanqueo se realiza en torres o depósitos en los que la pasta está en contacto con los reactivos químicos en ciertas condiciones de consistencia, temperatura y tiempo. Transcurrido éste, se somete la pasta a una acción de lavado similar a la que se ha descrito con anterioridad, para eliminar las materias orgánicas solubles de la misma (lignina principalmente) con el agua de lavado.

Los principales tipos de métodos de blanqueo son:

- Blanqueo tradicional con cloro.
- Blanqueo sin cloro elemental (ECF).
- Blanqueo total sin cloro (TCF).

El blanqueo tradicional con cloro emplea cloro gaseoso en una primera etapa de tratamiento ácido, seguido de una fase de extracción alcalina con sosa cáustica a la

que se acompaña con oxígeno y peróxido para reforzar su acción; le sigue una tercera fase de tratamiento ácido con dióxido de cloro, y puede haber una cuarta etapa de extracción y una quinta de dióxido.

El blanqueo sin cloro elemental es el que resulta al sustituir el cloro elemental del blanqueo tradicional por dióxido de cloro.

El blanqueo total sin cloro sustituye cualquier componente clorado por otros como el ozono, peróxido de hidrógeno o combinaciones de ambos.

Las pastas Kraft crudas de coníferas se emplean para fabricar papel de embalaje (sacos y cajas de cartón). Las pastas Kraft blanqueadas de coníferas y frondosas se emplean para papeles de impresión y escritura, papeles higiénicos, y cubiertas exteriores de ciertos embalajes.

3.3.3. Pastas a partir de Papel Recuperado.

Los procesos de reciclado del papel pueden ser agrupados en dos grupos:

- Pulpeado (desintegración para formar una suspensión fibrosa), limpieza y descontaminación: para las pastas destinadas a la fabricación de papeles y cartones de embalaje.
- Pulpeado, limpieza, descontaminación y destintado: para las pastas destinadas a la fabricación de papeles prensa, revistas, tisú u otros de impresión y escritura.

La depuración de la pasta procedente del papel o cartón recuperado está basada fundamentalmente en la diferencia de características físicas (tamaño y peso específico) entre las fibras celulósicas y las impurezas o contaminantes que las acompañan. Para realizar esta depuración se utilizan depuradores de agujero o ranura (screens) o de tipo ciclónico; siendo algunas veces necesario en función de la aplicación, el uso de equipos de dispersión (reducción del tamaño de partícula del contaminante).

El destintado del papel recuperado exige además un tratamiento con aditivos para favorecer el desprendimiento y la posterior flotación de las tintas. Este es el procedimiento comúnmente utilizado para la eliminación de la tinta que precisa la

utilización de células en fases sucesivas en las que por inyección de aire se provoca la flotación de las tintas de impresión que han sido incorporadas al papel.

Es habitual que una o varias fases de blanqueo completen el proceso de producción de este tipo de pasta. De los productos químicos empleados, el más común es el peróxido de hidrógeno que se complementa con hidróxido sódico, silicato de sodio y algunos agentes quelantes. Como es lógico, la blancura finalmente obtenida depende tanto de la original de los papeles soportes empleados como proceso y de las fases de blanqueo llegándose a blancuras de hasta 84° ISO. También pueden ser usados el oxígeno y el ozono.

3.3.4. Fabricación de papel.

La materia prima fundamental en cualquier tipo de papel es la fibra celulósica; en segundo lugar, aunque no para todas las clases de papel, se utilizan cargas minerales (caolín, carbonato o sulfato cálcico, etc.). Dependiendo del fin al que va destinado el papel, llevara incorporados aditivos químicos que mejoran algunas propiedades o características que le son exigidas.

Si no se trata de fábricas integradas pasta-papel, el proceso se inicia con un desfibrado, con aportación de agua, de la pasta virgen o el papel recuperado; la suspensión fibrosa así preparada sufre una operación de refinación que modifica las estructuras morfológicas y físico-químicas de las fibras, adaptándolas al desarrollo de las características mecánicas que se pretenden para el papel fabricado con ellas.

La suspensión de fibras ya refinadas es almacenada, regulada en su concentración y diluida antes de sufrir una depuración final, previa a su llegada a la Caja de Entrada, primer equipo básico de la máquina de papel.

La máquina de papel es la unidad principal y más características del proceso. En ella se forma, desgota y seca la hoja continua de papel que se enrolla en la última de las secciones que la integran.

Debemos indicar que:

- La Caja de Entrada proporciona a través de sus labios de salida un chorro constituido por una suspensión defluoculada, homogénea y estable.

- La mesa de fabricación permite lograr una textura suficientemente compacta de fibras entrelazadas que por desgote natural y con ayuda de vacío constituye una hoja con una sequedad que le permite ser transferida a:
 - ✓ La Sección de Prensas, en la que la eliminación de agua se realiza por compresión entre dos rodillos (o moderadamente entre un rodillo y una zapata) de la hoja de papel y un fieltro continuo que recibe y transporta el agua extraída en el contacto.
 - ✓ La Sequería, cuyo objeto es la eliminación del agua restante. La hoja procedente de la sección de prensas entra en la de secado con una humedad de alrededor del 50% que va perdiendo en su contacto con los cilindros secadores (calentados por vapor de baja presión) hasta su salida entre el 6 y el 8% de humedad final.
 - ✓ La Enrolladora, que forma sucesivamente grandes rollos de hasta 2500 mm de diámetro con el ancho propio de la máquina de papel.

Dentro de la máquina de papel, en la sección de secado, el papel puede ser sometido a tratamientos superficiales que mejoran sus características de utilización.

3.3.5. Indicadores de desempeño energético.

Fabricación de pasta Kraft⁵³:

- Papeleras no integradas dedicadas a la producción de pasta kraft blanqueada: 10-14 GJ/t y 0,6-0,8 MWh/t.
- Papeleras integradas dedicadas a la producción de pasta y papel kraft blanqueados: 14-20 GJ/t y 1,2-1,5 MWh/t.
- Papeleras integradas dedicadas a la producción de pasta y papel kraft sin blanquear: 14-17,5 GJ/t y 1-1,3 MWh/t.

Fabricación de pasta al sulfito⁵⁴.

- Consumo de calor: 18-24GJ/t
- Consumo de electricidad: 1,2-1,5 MWh/t

⁵³ Colectivo de Autores. (2011). Papelera. Resumen General.

⁵⁴ Ibídem.

Fabricación de pasta mecánica y quimiomecánica⁵⁵.

- Fábricas integradas de papel periódico: 0-3 GJ/t y 2-3 MWh/t.
- Fábricas integradas de papel estucado de bajo gramaje; 3-12 GJ/t y 1,7-2,6 MWh/t.
- Fábricas integradas de papel supercalandrado: 1-6 GJ/t y 1,9-2,6 MWh/t.

Fábricas de papel reciclado⁵⁶.

- Fábricas integradas de papel sin destintado: 6-6,5 GJ/t y 0,7-0,8 MWh/t.
- Fábricas integradas de papel de seda con instalación de destintado: 7-12 GJ/t y 1,2-1,4 MWh/t.
- Fábricas integradas de papel de impresión y de papel de escribir con instalación de destintado: 4-6,5 GJ/t y 1-1,5 MWh/t.

Fábricas no integradas de papel⁵⁷.

- Fábricas no integradas de papel fino sin estucar: 7-7,5 GJ/t y 0,6-0,7 MWh/t.
- Fábricas no integradas de papel fino estucado: 7-8 GJ/t y 0,7-0,9 MWh/t.
- Fábricas no integradas de papel de seda que utilizan fibra virgen: 5,5-7,5 GJ/t y 0,6-1,1 MWh/t.

3.4. Industria de la Cerveza.

Las principales etapas del proceso de elaboración de cerveza son las siguientes:

- Malteado del cereal.
- Obtención del mosto o cocimiento
- Fermentación y añejamiento.
- Envasado

En el Anexo 2 se muestra el diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza, en donde se individualiza cada una de las etapas mencionadas.

⁵⁵ Ibídem.

⁵⁶ Ibídem.

⁵⁷ Ibídem.

3.4.1. Malteado del cereal.

El primer proceso que inevitablemente está vinculado a la elaboración de la cerveza es el malteado. Después de localizado el cereal por su calidad, se le debe dar una preparación tendente a que esté en condiciones de que se lleve a cabo el proceso central de transformación, en que se activarán las enzimas y se prepara la germinación. Aunque desde hace siglos predomina en el mundo occidental la cebada como materia prima sometida a malteado, pueden usarse otros cereales o productos contentivos de almidón.

Después de cierto tiempo, un grano germina espontáneamente, pero antes de que eche raíz necesita alimentarse de almidón, para lo cual emite enzimas que transforman el almidón en azúcares simples. Este proceso natural es interrumpido por medio del malteado, en que se somete el grano a temperatura elevada, con el fin de secarlo.

El proceso de malteado, en su conjunto, es altamente exigente, empezando por el requerimiento de selección de la variedad que se va a utilizar. Los granos deben ser homogéneos, pues de lo contrario la cerveza carecería de estabilidad, que es un requisito de calidad. A continuación, el cereal se deja en remojo, a fin de que los granos se hinchen. En ese transcurso se inyecta aire al agua de remojo a una temperatura constante, de alrededor de 18 grados centígrados. Luego se transfiere el grano húmedo al recipiente donde se efectúa la germinación. El especialista maltero da seguimiento minucioso al crecimiento de las raicillas y al comportamiento del grano. De cuando en cuando, los granos son removidos para obtener una germinación homogénea en la casi totalidad de ellos. Pasados algunos días, se interrumpe el proceso de germinación. Inmediatamente después, los granos son secados con aire caliente, con lo cual se elimina el germen. Hecho esto, se procede a separar el germen del resto del grano, lo que lo deja transformado en malta y listo para las otras operaciones. Dependiendo de la temperatura y la duración de ese proceso de secado, el color de la malta varía entre amarillo pálido y marrón oscuro, al igual que el sabor y el aroma.

Cada tipo de cerveza depende de un proceso particular de malteado, que a menudo se produce en función de las variedades de la cebada o del cereal que se utilice. Los

tipos inciden en el sabor y el color de la cerveza. Además de las maltas regulares, pueden obtenerse maltas caramelo, para sabores especiales, y maltas negras, las cuales se usan en las cervezas oscuras.

No obstante la dependencia de una determinada materia prima para el producto deseado, el malteado se lleva a cabo de manera independiente del resto del proceso. Esto se debe en gran medida a que el cereal requiere ser sometido con prontitud al malteado, por lo cual constituye una operación previa, con sus peculiaridades y exigencias. La gran mayoría de empresas cerveceras, por consiguiente, prefieren prescindir de la fase del malteado, que queda en manos de plantas especializadas, y adquirir la malta en el mercado, materia prima con la cual propiamente comienza la labor de la cervecería.

3.4.2. Obtención del mosto o cocimiento.

Obtenida la malta, se inicia el proceso de transformación mediante su molienda, que puede ser seca o húmeda, aunque en el presente predomina la segunda. En el triturado se obtiene la rasgadura de la cáscara y la subsiguiente exposición de la parte interior del grano para la acción de conversión interior. Se procura que la operación genere el menor residuo de harina, puesto que esta no se adecúa a las necesidades del proceso subsiguiente. Este grano molido se deposita en una paila a temperatura controlada, obteniéndose una masa por efecto del movimiento de aspas en tiempos predeterminados. Resulta un engrudo, basado en el almidón, de texturas precisas con el fin de que las enzimas actúen y se transforme el almidón en azúcares. En este proceso resulta crucial la calidad del agua utilizada, así como el control de las temperaturas y de los tiempos de las distintas operaciones. Esta fase dura varias horas, dependiendo del método empleado y se conoce con el término de maceración. Termina obteniéndose un mosto azucarado, contentivo de sustancias solubles. Anteriormente el movimiento de esta solución se llevaba a cabo con las manos o con largos instrumentos de madera, pero con la invención de maquinarias en el siglo XIX hubo una sustitución por aspas movidas por motores.

Al finalizar este proceso de obtención del mosto, se separan los residuos sólidos por medio de un filtrado. Los residuos de esta filtración, llamados granos exhaustos, se colectan y generalmente se aprovechan como alimento para animales.

Inmediatamente después, el mosto se vierte en una olla, procediéndose a su ebullición. Se le añade lúpulo, producto que le confiere sabor y aroma característicos de la cerveza. En las tradiciones cerveceras que no usan lúpulo se acude a otros ingredientes, que necesariamente se incorporan en esta fase. El lúpulo es una enredadera, de nombre científico *Humulus lupulus*, perteneciente a una amplia familia. Contiene sustancias amargas, que son ácidos alfas, y sustancias condimentadas, llamadas ácidos betas. Además, el lúpulo ayuda al bronceado del líquido. Existen numerosas variedades de lúpulo, las cuales otorgan sabores y aromas muy distintos a las cervezas. En Inglaterra, por ejemplo, son más astringentes. En Alemania predominan las variedades consideradas nobles, cuyo sabor amargo tiende a ser más suave pero de todas maneras bien condimentado.

Al inicio de la fase de cocción se añade el lúpulo para alterar el sabor, y al final se vuelve a hacer un añadido con el fin de dotar al líquido de aroma. En la inyección del lúpulo, su compuesto amargo experimenta cambios como producto del estado hirviente del mosto, proceso denominado isomerización. En esta etapa del proceso se busca fundamentalmente esterilizar el mosto, aprovechar la función del lúpulo, aglutinar las moléculas de alta densidad, a fin de que no lleguen a la etapa ulterior de fermentación, y obtener el grado deseado de concentración de azúcares para el mosto.

En la olla de ebullición, el proceso general del cocimiento dura un número variable de horas, dependiendo de los equipos de la sala de cocimiento y la tecnología empleada en el proceso. A veces en esta etapa se añaden otros ingredientes para contribuir al sabor y la aroma deseada. Este mosto queda esterilizado y no puede permitirse que entre en contacto con el aire. Por la misma razón, el tránsito del mosto al enfriador debe llevarse a cabo mediante conductos rigurosamente aislados de contacto con el aire. La búsqueda de una temperatura apta para el efecto ulterior de la levadura conlleva un enfriamiento súbito del mosto, para llevarlo a temperaturas oscilantes entre 10 y 15 grados centígrados. El papel de este enfriador es preparar el mosto

para que reciba la inyección de levadura, pues de otra manera, como ser vivo, esta moriría por exceso de temperatura. En esta etapa de tránsito al fermentador, tras el enfriado del mosto, se inyecta aire estéril y la levadura, con el fin de iniciar el proceso de fermentación.

3.4.3 Fermentación y añejamiento.

Ya enfriado, el mosto pasa a un tanque, donde es inyectado con un tipo puro de levadura. La cantidad de células de levadura y su vitalidad requieren un cuidado extremo. En ese momento se inyecta una porción de aire para iniciar la fermentación, el cual debe ser microbiológicamente estéril. En la fermentación, los azúcares se transforman en alcohol y gas carbónico durante un lapso variable, entre 6 y 9 días, en el cual el mosto se transforma en cerveza. En el proceso, el dióxido de carbono que se origina es colectado para su ulterior uso en la carbonatación de la cerveza. Una vez que los azúcares fermentados han sido convertidos en alcohol y gas carbónico, se considera que ha finalizado la etapa de fermentación. El proceso de fermentación es exotérmico (despide calor), y para evitar que la temperatura se eleve, debe ser controlado, suministrándole enfriamiento al tanque de fermentación, por cuanto es básico para la formación de los ésteres y otros compuestos que influenciarán grandemente el sabor y la calidad del producto.

Finalizada la fermentación de varios días, se enfría el tanque y, dependiendo de la variedad de levadura, esta se sedimenta en la parte superior o inferior del líquido. Esta levadura se extrae de la cerveza por sedimentación u otros métodos. La cerveza aquí obtenida se denomina verde, joven o virgen, y es enviada a otro tanque para la etapa de maduración o añejamiento.

Los tanques de añejamiento han de tener características que garanticen un proceso microbiológico correcto. En las cervecerías antiguas estos tanques eran de madera, luego pasaron a ser cubiertos por porcelana y en la actualidad son de acero con aleaciones precisas que contribuyen al correcto procesamiento final. La conservación en estos tanques de añejamiento tiene una duración casi siempre de pocas semanas, aunque en ciertos tipos de cerveza puede tomar hasta varios meses. En las cervezas de fermentación alta el añejamiento toma menos tiempo y se lleva a

cabo a más de 15 grados. En cambio, en las de fermentación baja se mantiene en la actualidad una temperatura de entre 1 y 2°C, con el fin de asegurar que la levadura se deposite en el fondo; en tiempos anteriores la fermentación baja se realizaba a una temperatura cercana a 8 grados.

Todavía una parte de los fabricantes prefieren someter esta cerveza ya añejada a un filtrado, con el fin de acentuar su aspecto cristalino. Por el contrario, en las de fermentación alta se deja el producto tal como está, considerándose que así se mantienen inalterados su sabor y su densidad.

Es común en gran parte de las actuales cervecerías que la cerveza sea sometida a un segundo añejamiento y un segundo filtrado con el propósito de acentuar el sabor y el aspecto cristalino. Este segundo añejamiento es más corto que el primero, durando normalmente menos de una semana. Después del filtrado la cerveza es inyectada con dióxido de carbono, previamente purificado, para llevarla a los niveles deseados de carbonatación.

Durante todo el proceso de elaboración el cervecero presta máxima atención a los elementos que ayudan a la formación de la espuma, que tradicionalmente tiene enorme impacto en la percepción de calidad e imagen. Se estima que el producto es mejor en la medida en que despidе más espuma y esta dura más tiempo en el envase en que es servida.

3.4.4. Envasado.

Una vez terminado el proceso de añejamiento, filtración y carbonatación, la cerveza es depositada en un tanque, desde el cual se envía a las líneas de embotellado. Ese tanque se denomina de producto terminado o de gobierno, ya que en él se lleva a cabo el control del volumen producido.

Se suelen utilizar tres tipos básicos de envase: las botellas de vidrio, los envases de lata y los barriles de madera u otros materiales. Las botellas y las latas, después de selladas, se someten a un proceso de pasteurización, con una duración superior a media hora, dirigido a extirpar todo tipo de microorganismos y así garantizar la estabilidad del producto.

En esta fase de envasado se debe observar un riguroso cuidado en varios aspectos relacionados con el movimiento de la cerveza: el primero es microbiológico, seguido por la administración del gas carbónico, la prevención de todo contacto con el aire y, por último, evitar que entre en contacto con ciertos rayos lumínicos.

Los diversos tipos de envases se empacan de acuerdo a sus características, siendo lo más común que las botellas se coloquen en cajas plásticas o de cartón.

3.4.5. Indicadores de desempeño energético.

Indicadores de desempeño energético para la Industria de la Cerveza.

El consumo de agua (t/t de producto terminado) para este tipo de industria está entre 4-10 t de H₂O/t de producto terminado.

Agua como materia prima	1,3
Agua para limpieza	2,9
Para transferencia de calor	0,7
Otros usos	1,6

Consumo de combustible.

Tipo de combustible	Consumo.
Carbón.	80,5 kg/t de producto terminado
Combustóleo.	15,9 gal/t de producto terminado
Gas natural.	1869 ft ³ /t de producto terminado

Consumo de calor en forma de vapor.

Vapor.	1500-2000 MJ/t de producto terminado.
--------	---------------------------------------

Consumo de energía eléctrica.

Energía eléctrica.	80-120 kWh/t de producto terminado.
--------------------	-------------------------------------

3.5. Benchmarking de algunos sectores industriales.

Tabla 3.2. Benchmarking de la Industria del Refino de Hidrocarburos.

Refinerías de Petróleo.		
Indicador de desempeño energético.	Valores.	Comentario.
Índice de Intensidad Energética (EII, Solomon).	$\leq 90\%$	Son plantas innovadoras del uso de la energía.
	$90 < x \leq 100\%$	Su planta necesita invertir en mejorar el uso de la energía.
	$> 100\%$	La planta no tiene un uso eficiente de la energía.
Índice de Complejidad de Nelson.	Media.	Comentario.
	4,7	Latinoamérica.
	7,1	Canadá.
	9,5	Estados Unidos.
	8,0	Europa.
	> 14	Refinería de Jamnagar en la India. Es el valor más alto obtenido en la industria de la refinación de hidrocarburos.

Tabla 3.3. Benchmarking de la Industria del Cemento.

Industria del Cemento.		
Indicador de desempeño energético.	Valores.	Comentario.
Índice de Intensidad Energética (EII, Solomon).	≤ 4 GJ/t de clínquer.	Son plantas innovadoras del uso de la energía.
	$4 < x \leq 5$ GJ/t de clínquer.	Su planta necesita invertir

		en mejorar el uso de la energía.
	>5 GJ/t de clínquer.	La planta no tiene un uso eficiente de la energía.
Proceso	Consumo de energía eléctrica.	Comentario.
Preparación de la materia prima.	25-35 kWh/t de clínquer.	
Trituración de acabado.	32-37 kWh/t de clínquer.	Para una finura de 3500 cm ² /g de cemento.
Almacenamiento.	Debe ser el 5% del consumo general de la planta, como máximo 10 kWh/t de clínquer.	Almacenamiento ya sea en silos, el llenado en bolsas o él envió a granel.
Bandas transportadoras.	1-2 kWh/t de clínquer.	
	Consumo de combustible.	Comentario.
	5,3-7,1 GJ/t de clínquer.	Para plantas de proceso húmedo.
	3,2-3,5 GJ/t de clínquer.	Para plantas de proceso seco, con calentadores de suspensión de 4 o 5 fases.
	2,9-3,0 GJ/t de clínquer.	Para plantas de proceso seco con calentadores de suspensión de 6 fases.

Tabla 3.4. Benchmarking de la Industria de Pastas y Papel.

Industria de Pastas y Papel.		
Tipo de proceso de fabricación.	Consumo de energía eléctrica.	Comentario.
Fabricación de pasta Kraft.	0,6-0,8 MWh/t de producto terminado.	Para papeleras no integradas a la producción de pasta Kraft blanqueada.
	1,2-1,5 MWh/t de producto terminado.	Papeleras integradas a la producción de pasta y papel Kraft blanqueados.
	1,0-1,3 MWh/t de producto terminado.	Papeleras integradas, dedicadas a la producción de pasta y papel Kraft sin blanquear.
	Consumo de calor.	Comentario.
	10-14 GJ/t de producto terminado.	Para papeleras no integradas a la producción de pasta Kraft blanqueada.
	14-20 GJ/t de producto terminado.	Papeleras integradas a la producción de pasta y papel Kraft blanqueados.
	14-17,5 GJ/t de producto terminado.	Papeleras integradas, dedicadas a la producción de pasta y papel Kraft sin blanquear.
Fabricación de pasta al sulfito.	Consumo de energía eléctrica.	Comentario.
	1,2-1,5 MWh/t de producto terminado.	

	Consumo de calor	Comentario.
	18-24 GJ/t de producto terminado.	
Fabricación de pasta mecánica y quimiomecánica.	Consumo de energía eléctrica.	Comentario.
	2-3 MWh/t de producto terminado.	Fábricas integradas de papel periódico.
	1,7-2,6 MWh/t de producto terminado.	Fábricas integradas de papel estucado de bajo gramaje.
	Consumo de calor.	Comentario.
	0-3 GJ/t de producto terminado.	Fábricas integradas de papel periódico.
	3-12 GJ/t de producto terminado.	Fábricas integradas de papel estucado de bajo gramaje.
Fábricas de papel reciclado.	Consumo de energía eléctrica.	Comentario.
	0,7-0,8 MWh/t de producto terminado.	Fábricas integradas de papel sin destintado.
	1,2-1,4 MWh/t de producto terminado.	Fábricas integradas de papel de seda con instalación de destintado.
	1-1,5 MWh/t de producto terminado.	Fábricas integradas de papel de escribir con instalación destintado.
	Consumo de calor.	Comentario.
	6-6,5 GJ/t de producto terminado.	Fábricas integradas de papel sin destintado.
	7-12 GJ/t de producto terminado.	Fábricas integradas de papel de seda con

		instalación de destintado.
	4-6,5 GJ/t de producto terminado.	Fábricas integradas de papel de escribir con instalación destintado.

Tabla 3.5. Benchmarking de la Industria Cervecera.

Industria de la Cerveza.		
Consumo de agua (H₂O).	Valores.	Comentario.
El consumo de agua para este tipo de industria está entre 4-10 t de H ₂ O/t de producto terminado.		
Agua como materia prima.	1,3 t de H ₂ O/t de producto terminado.	
Agua para limpieza.	2,9 t de H ₂ O/t de producto terminado.	
Para transferencia de calor.	0,7 t de H ₂ O/t de producto terminado.	
Otros usos.	1,6 t de H ₂ O/t de producto terminado.	
Tipo de combustible.	Consumo.	Comentario.
Carbón.	80,5 kg/t de producto terminado.	
Combustóleo.	15,9 gal/t de producto terminado.	
Gas natural.	1869 ft ³ /t de producto terminado.	
	Consumo de calor.	Comentario.
Vapor.	1500-2000 MJ/t de producto terminado.	

	Consumo de energía eléctrica.	Comentario.
Energía eléctrica.	80-120 kWh/t de producto terminado.	

Tabla 3.6. Benchmarking de la Industria del Hierro y el Acero.

Industria del Hierro y el Acero.		
	Consumo.	Comentario.
Acería integrada.	1,57 GJ/t	
Acería no integrada.	5,84 GJ/t	
Coquería.	3,47 GJ/t	
Alto horno.	12,66 GJ/t	
Laminación en caliente (integrada).	2,40 GJ/t	
Laminación en caliente (no integrada).	3,69 GJ/t	
Laminación en Caliente (semi-integrada).	2,40 GJ/t	
Laminación en frío.	1,01 GJ/t	
Tratamiento térmico.	1,57 GJ/t	
Fundición.	5,84 GJ/t	
Moldeo.	3,47 GJ/t	
Trefilación.	12,66 GJ/t	
Tratamiento electrolítico.	3,69 GJ/t	

Tabla 3.7. Benchmarking de la Industria del Aluminio.

Industria del Aluminio.		
	Consumo.	Comentario.
Fundición.	5,92 GJ/t	
Laminación.	6,43 GJ/t	

Extrusión.	5,84 GJ/t	
Secado.	6,76 GJ/t	
Tratamiento térmico.	0,85 GJ/t	

Tabla 3.8. Benchmarking de la Industria del Cobre.

Industria del Cobre.		
	Consumo.	Comentario.
Trefilación.	18,25 GJ/t	

Tabla 3.9. Benchmarking de la Industria de la Cerámica.

Industria de la Cerámica.		
Especialidad.	Consumo de calor.	Comentario.
Porcelana.	12000-21000 MJ/t	
Vajilla y loza.	16800-29400 MJ/t	
Azulejo-Piso Sanitarios.	8400-16400 MJ/t	

Tabla 3.10. Benchmarking de la Industria del Vidrio.

Industria del Vidrio.		
Especialidad.	Consumo de energía eléctrica.	Comentario.
Vidrio hueco (envase).	240-2500 MJ/t	
	Consumo de calor.	
	6700-21000 MJ/t	
Vidrio plano (estirado).	Consumo de energía eléctrica.	Comentario.
	290-470 MJ/t	
	Consumo de calor.	Comentario.
	12600-21000 MJ/t	
Producción de Objetos.	Consumo de energía eléctrica.	Comentario.

	400-800 kWh/t	30% de energía no asociada.
	Consumo de calor.	Comentario.
	13-16 MBTU/t	49.8% de energía no asociada.

Tabla 3.11. Benchmarking de la Industria del Ladrillo.

Industria del Ladrillo.		
Consumo específico.	150-180 MJ/t	
Tipo de horno.	Consumo de calor.	Comentario.
Túnel.	1400-1600 MJ/t	
Hoffmann.	2000-3000 MJ/t	
Intermitente.	1800-2000 MJ/t	
Periódicos.	3600-4500 MJ/t	

Tabla 3.12. Benchmarking de la Industria Textil.

Industria Textil.		
Empresas que generan su propia energía eléctrica.		
Proceso de hilatura.	Consumo.	Comentario.
Algodón.	59,84 MJ/t	Mejores empresas colombianas.
Sintética.	108,83 MJ/t	
Proceso de tejeduría.	Consumo.	Comentario.
Algodón.	20,26 MJ/t	Mejor empresa colombiana.
Teñido y acabado.	Consumo.	Comentario.
Algodón.	20,23 MJ/t	Mejor empresa colombiana.
Empresas que compran energía eléctrica.		
Proceso de hilatura.	Consumo.	Comentario.
Algodón.	7,87 MJ/t	Mejores empresas

Lana.	52,49 MJ/t	colombianas.
Sintética.	4,15 MJ/t	
Proceso de tejeduría.	Consumo.	Comentario.
Algodón.	1,36 MJ/t	Mejores empresas colombianas.
Lana.	16,02 MJ/t	
Sintética.	3,08 MJ/t	
Teñido y acabado.	Consumo.	Comentario.
Algodón.	30,05 MJ/t	Mejores empresas colombianas.
Lana.	135,31 MJ/t	
Sintética.	22,49 MJ/t	
Proceso de estampación.	Consumo.	Comentario.
Algodón.	18,25 MJ/t	Mejores empresas colombianas.
Sintética.	27,68 MJ/t	
Proceso de hilatura.	24,79 GJ/t	Para México.
Tejeduría.	7,29 GJ/t	Para México.
Teñido y acabado.	6,33 GJ/t	

Conclusiones parciales:

1. Se recopiló indicadores de desempeño energético de 11 sectores industriales internacionales.
2. En las industrias de Fabricación del Cemento y Refinación de Hidrocarburos se utiliza el Índice de Intensidad Energética Solomon.
3. En las Refinerías de Petróleo de los países de Europa se utiliza el 83% como valor medio del Índice de Solomon.
4. Para la Industria de fabricación del Cemento se usa como índice de Solomon óptimo el valor menor o igual a 4 GJ/t de clínquer.
5. Se presenta un cuadro resumen de los indicadores de desempeño energético de 11 sectores industriales.

Conclusiones generales.

1. La tendencia para satisfacer el modelo energético actual, basado en el consumo de combustibles fósiles a llevado a un elevado impacto ambiental que pone en peligro la existencia de la humanidad.
2. El panorama energético mundial se caracteriza por la tendencia a no aumentar las reservas probadas de combustibles fósiles y a una demanda creciente de la energía lo que da la posibilidad real del agotamiento de estos recursos.
3. Para garantizar el desarrollo energético sostenible los especialistas proponen:
 - Elevar la eficiencia energética
 - Búsqueda de fuentes renovables de energía.
 - Empleo de nuevas tecnologías para atenuar los impactos ambientales.
4. La Norma Internacional ISO 50001 resume el trabajo de normalización realizado por varios países en las últimas décadas.
5. La norma internacional ISO 50001 establece que hacer, pero no especifica como hacer la gestión de energía. En la tesis queda establecida las formas de establecer la línea base energética y los indicadores de desempeño energético.
6. En los Sistemas de Gestión Energética resulta necesario conocer diferentes indicadores de desempeño energético. La tesis presenta un conjunto de indicadores energéticos de once sectores industriales, lo que facilita conocer el ranking de consumo a los sectores industriales nacionales.

.

Recomendaciones

1. La utilización de la norma ISO 50001 como referencia para los sistemas de gestión energética en las organizaciones cubanas.
2. Aplicar las herramientas de trabajo del Sistema de Gestión Total y Eficiente de la Energía, en cuanto a la línea base energética en las organizaciones empresariales e institucionales cubanas e internacionales.
3. El uso de la base de datos realizada como referencia del uso de indicadores de desempeño energético en el sector industrial a nivel mundial.

Bibliografía.

- ANSI MSE 2000:2000. A Management System for Energy. Vig. Desde 2011-06-15.
- Borroto Nordelo, Aníbal E. (2001). Gestión Energética Empresarial. Universidad de Cienfuegos.
- Borroto Nordelo, Aníbal E., & Monteagudo Yanes, José P. (n.d.). Gestión Total y Eficiente de la Energía. Cienfuegos, Cuba: Universo Sur.
- Cervera Ferri, J. L. (2007). Manual para la producción de estadísticas sobre la economía de la información. Naciones Unidas.
- Colectivo de Autores. (1987). Técnicas de Conservación Energética en la Industria (Revolucionaria., Vols. 1-2, Vol. 2). Ciudad de la Habana, Cuba: Científico-Técnica.
- Colectivo de Autores. (2001). Energy Consumption Benchmark Guide: Cement Clinker Production. Ottawa, Canadá: Energy Innovators Initiative in Canada Natural Resources Canada. Recuperado de <http://oee.nrcan.gc.ca>.
- Colectivo de Autores. (2003). Estudio de las Relaciones entre la Eficiencia Energética y el Desarrollo Económico. Programa de Estudios e Investigaciones. Santiago: Sociedad Alemana para la Cooperación Técnica.
- Colectivo de Autores. (2008a). Indicadores energéticos del desarrollo sostenibles: directrices y metodologías. Austria: Organismo Internacional de Energía Atómica.
- Colectivo de Autores. (2008b). Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la Implementación. Bogotá D.C, Colombia: Dígitos y Diseños.
- Colectivo de Autores. (2011). Papelera. Resumen General,
- Colectivo de Autores. (2011). Word Energy Outlook. Resumen Ejecutivo, International Energy Agency. Recuperado el 14 de Enero de 2012, de <http://www.iea.org>.
- Colectivo de Autores. (n.d.). Energía. Eficiencia energética. In Ciencias de la tierra y del medio ambiente (pp. 512-535). España: Comisión Nacional Energía España.
- Colectivo de Autores. (n.d.). Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones. Pasta y Papel. Sociedad Pública Gestión Ambiental.
- Colectivo de Autores. (n.d.). Políticas e Indicadores de eficiencia energética. Argentina: Consejo Mundial de la Energía.

Conferencia Regional hacia el establecimiento de una Norma Internacional para un sistema de Gestión de la Energía. (2008).

Eficiencia energética. (n.d.). Recuperado el 18 de Enero de 2012, de <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-eficiencia-energetica.htm> (17 of 35).

Energía verde. (n.d.). Energía verde. Recuperado el 20 de Septiembre de 2011, de http://es.wikipedia.org/wiki/Energía_verde.

Hans-Holger, R., Langloisy, L., & Mcdonald, A. (n.d.). Aprovechamiento de las opciones energía, tecnología y desarrollo sostenible. (2001º ed., pp. 35-42). Boletín de la OIEA.

ISO 50001:2011. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. Vig. Desde 2011-06-15.

Johnston, D. (1996, March 18). Complexity index indicates refinery capability, value. Oil and Gas Journal.

La nueva ISO 50001 en boca de todos. (n.d.). Recuperado el 17 de Mayo de 2012, de [http://www.infocalidad.es/noticias/BSI_Group_\(British_Standards_Institution\)/BSI_Group_celebra_hoy_una_jornada_en_Madrid/La_nueva_ISO_50001_en_boca_de_todos_-_Infocalidad.htm/](http://www.infocalidad.es/noticias/BSI_Group_(British_Standards_Institution)/BSI_Group_celebra_hoy_una_jornada_en_Madrid/La_nueva_ISO_50001_en_boca_de_todos_-_Infocalidad.htm/).

Lambert, I. (n.d.). Caracterización Energética y Propuesta de Implementación de la Norma ISO 50001 a la Empresa Corrugadora "Windward Island Packaging Company Ltd. (WINERA) Sta. Lucia". Tesis de Maestría, Universidad de Cienfuegos.

Monteagudo Yanes, José P., & Borroto Nordelo, Aníbal E. (2007). La "producción equivalente" un método para elevar la efectividad de los índices energéticos. Cienfuegos, Cuba: Universo Sur.

Nyboer, J., & Rivers, N. (2002). Energy Consumption Benchmark Guide Conventional Petroleum Refining in Canada. Ottawa, Canadá: Canadian Industry Program for Energy Conservation. Recuperado de www.cppei.ca.

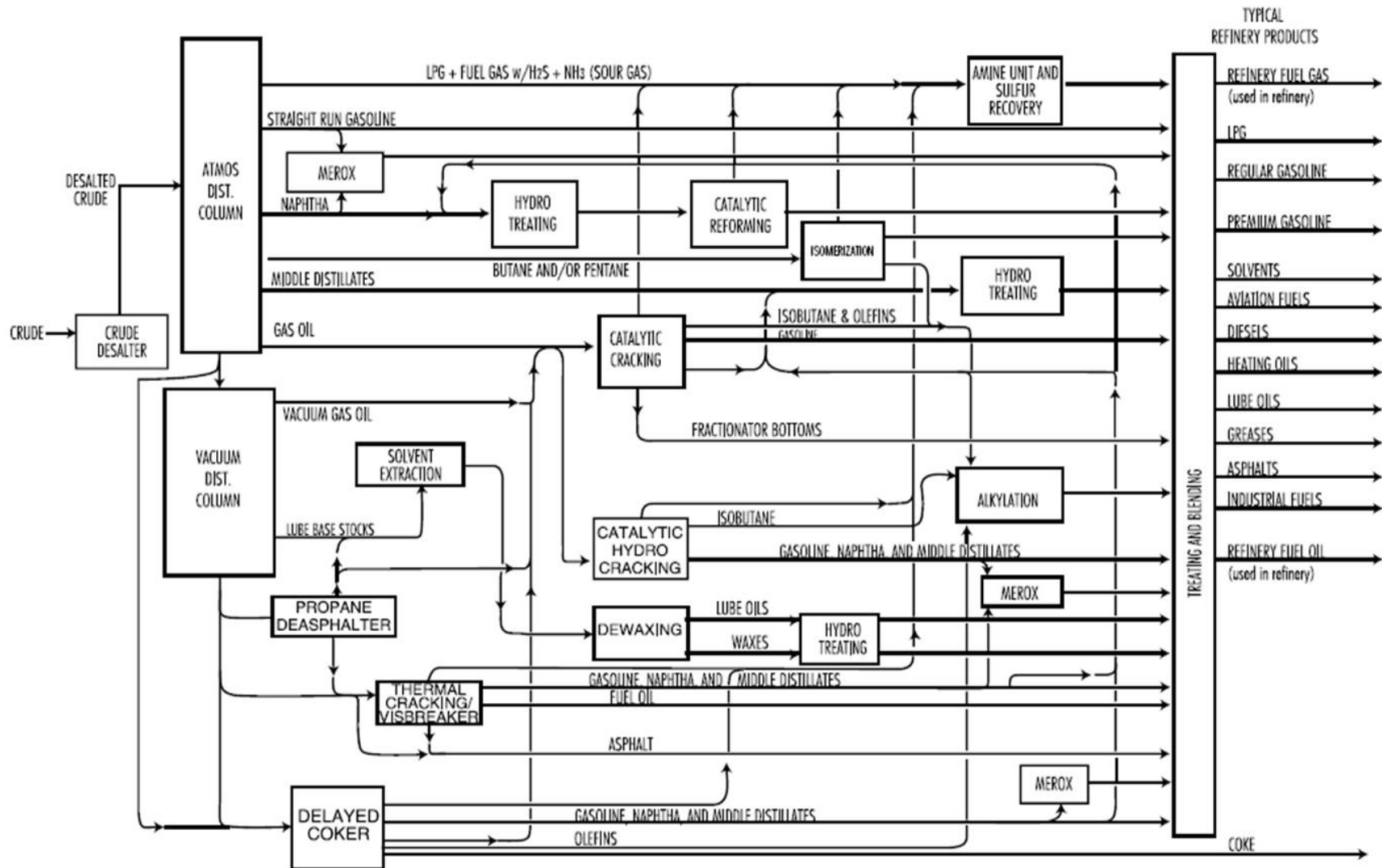
Salaquett F, Virginia. (2011). Desafíos de la Eficiencia Energética en Chile.

Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. (2011). ISO 50001 (p. 24). Norma Internacional, Ginebra, Suiza: Secretaria Central de ISO.

UNE 21216301:2007. Sistemas de gestión energética. Requisitos. Vig. Desde 2007-11.

Vidal Medina, J. R., & Prias Caicedo, O. F. (2007). Modelos de Gestión Energética. Un análisis crítico. Presentado en el Primer Congreso Internacional de Materiales, Energía y Medio Ambiente, Barranquilla, Colombia.

Anexo 1. Diagrama de proceso de una refinería de petróleo.



Anexo 2. Diagrama de proceso de una fábrica de cervezas.

