

Anexo I Material Completo de las Capacitaciones: Módulo 1 Introducción a la Gestión Energética

Gestión de la Energía en la Industria

MÓDULO I INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN INERGÉTICA

FORMOSA | MAYO | 2024



INTI

Instituto Nacional
de Tecnología Industrial



Ministerio de Economía
Argentina

Secretaría de Industria
y Desarrollo Productivo



INSTRUMENTACIÓN Y MEDICIÓN

Contenido

I – Introducción | Gestión Energética

- Introducción | conceptos
- ¿Por qué Gestión Energética?
- Gestión de la Energía y Eficiencia
- Diagnóstico energético | Implementación

II – Seguridad Eléctrica

- Fundamentos de seguridad, lesiones y Riesgos
- Normativa, instalaciones y supervisión eléctrica
- Procedimientos, diagramas y verificaciones.



INSTRUMENTACIÓN Y MEDICIÓN

Contenido

III – Sistemas integrados de gestión de la energía

- Demanda y necesidades, etiquetado energético.
- Sistemas de gestión de la energía. ISO 50001.
- Planificación, política, IDEn y LBE.
- Medición, evaluación, procedimientos y auditorías.

IV – Procesamiento y análisis de datos

- Facturación, contratos, horarios y multas.
- Iluminación, motores eléctricos, calderas, tuberías de vapor, cogeneración y energía renovable.
- Oportunidades de mejora en el consumo de combustible y procesos de calor



INTI

Instituto Nacional
de Tecnología Industrial



I – Introducción | Gestión Energética



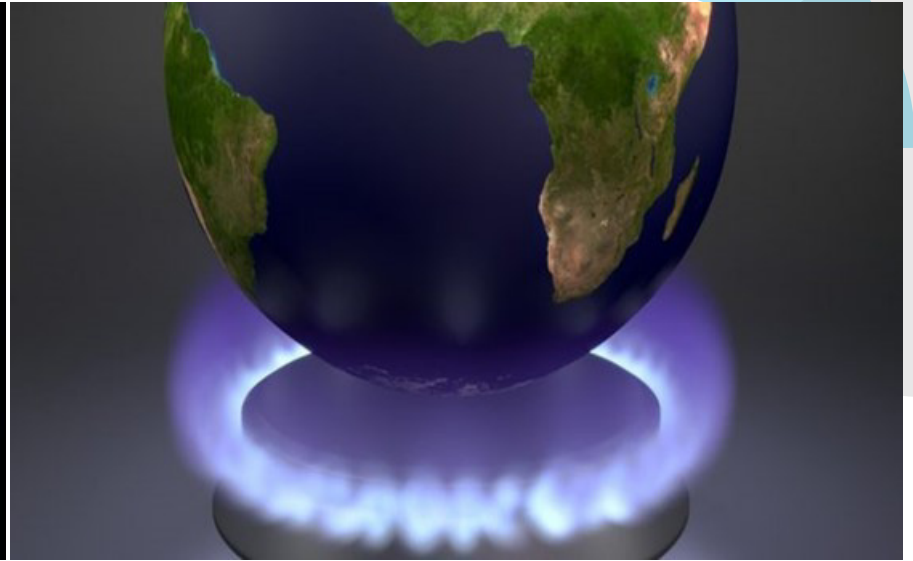
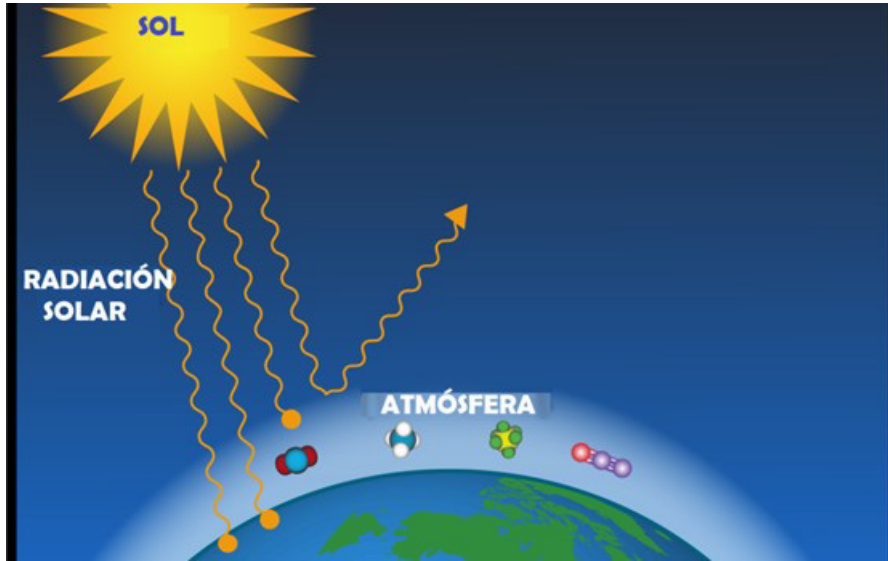
I – Introducción | Gestión Energética

Origen de la Gestión Energética



I – Introducción | Gestión Energética

Origen de la Gestión Energética



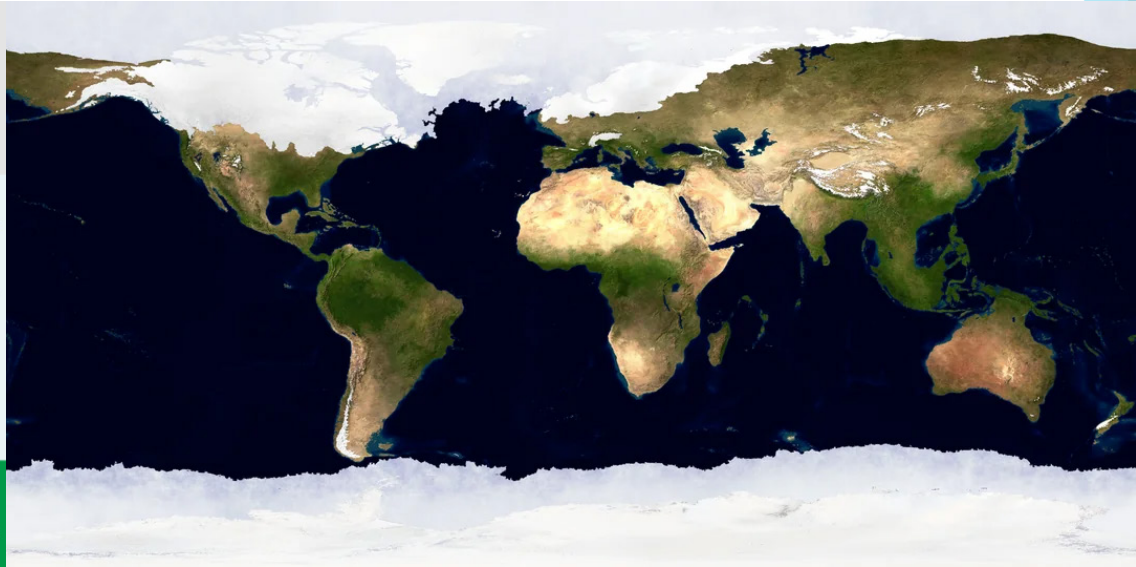
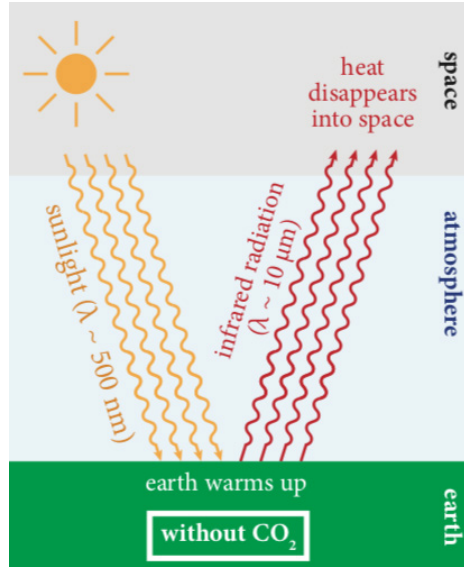
Efecto Invernadero



Calentamiento Global

I – Introducción | Gestión Energética

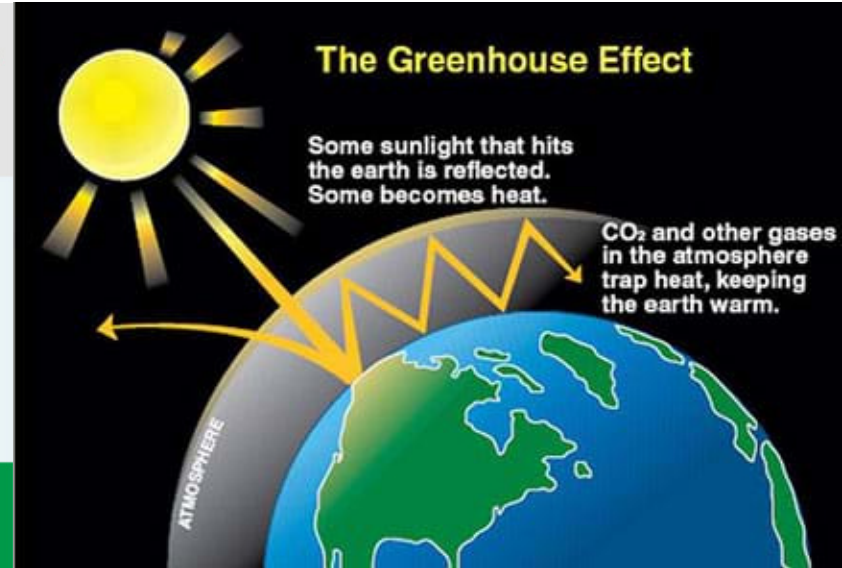
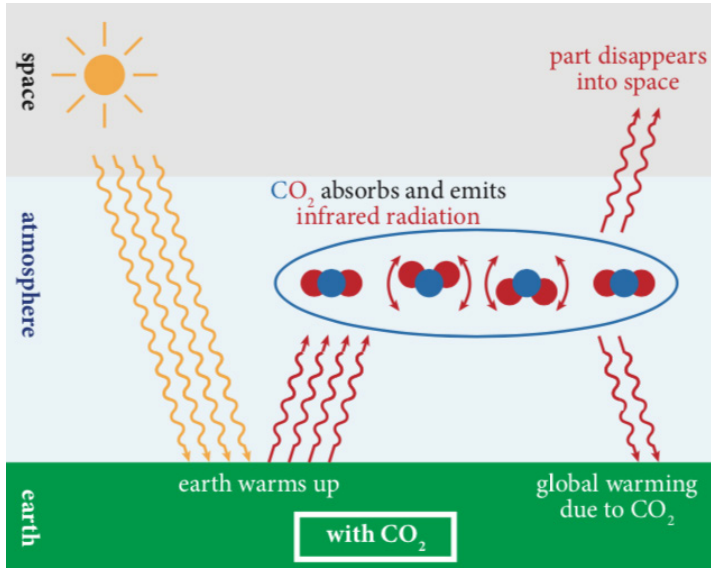
Origen de la Gestión Energética | Efecto Invernadero



- Δ La energía solar atraviesa la atmosfera. Parte de ella es absorbida por la superficie y otra parte es reflejada.

I – Introducción | Gestión Energética

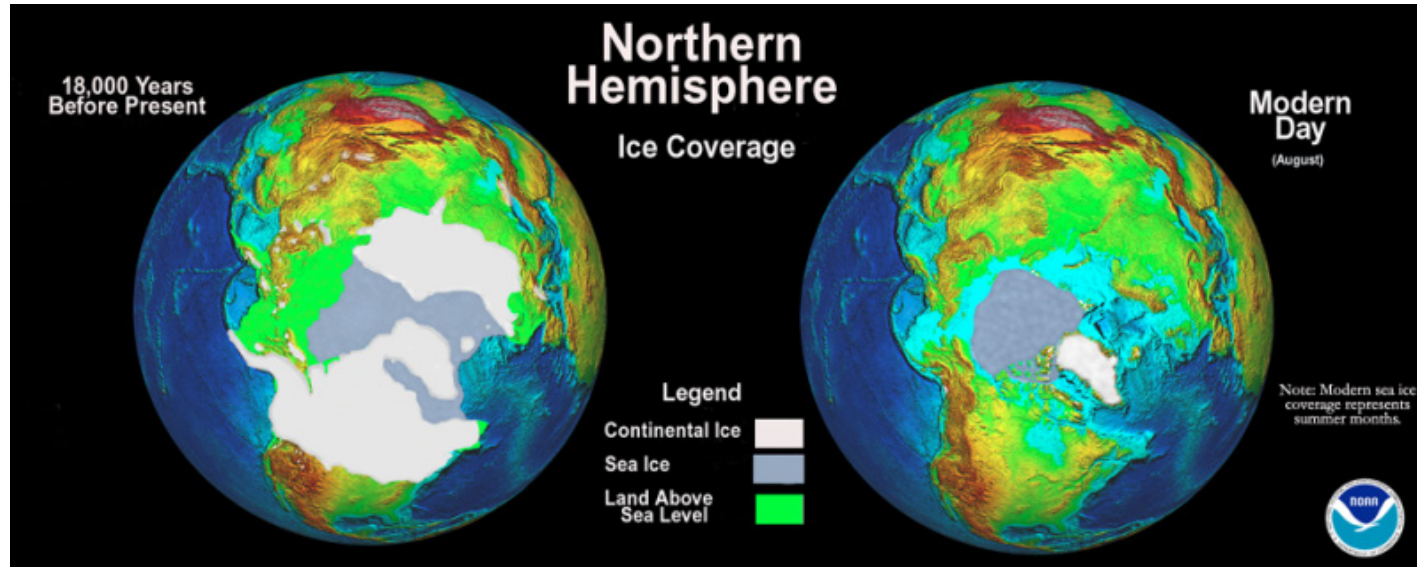
Origen de la Gestión Energética | Efecto Invernadero



- Δ Una parte de la Radiación reflejada es retenida por los gases de efecto invernadero.
- Δ Otra parte vuelve al espacio.

I – Introducción | Gestión Energética

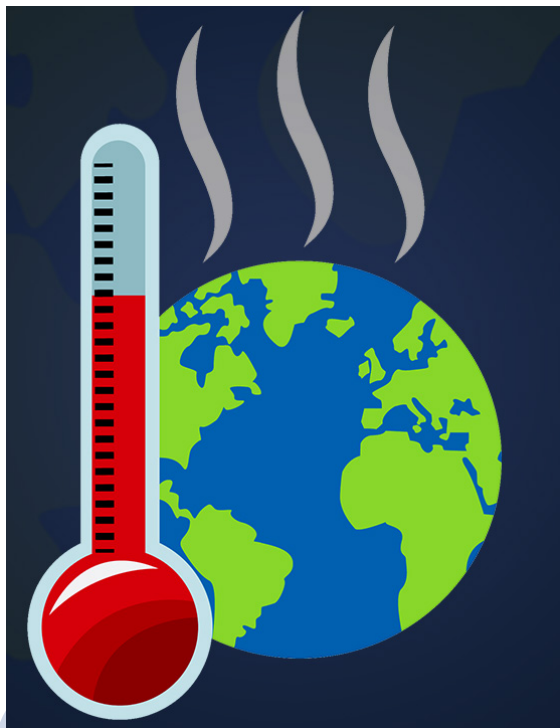
Origen de la Gestión Energética | Efecto Invernadero



- Δ Una parte de la Radiación reflejada es retenida por los gases de efecto invernadero.
- Δ Otra parte vuelve al espacio.

I – Introducción | Gestión Energética

Origen de la Gestión Energética | Efecto Invernadero

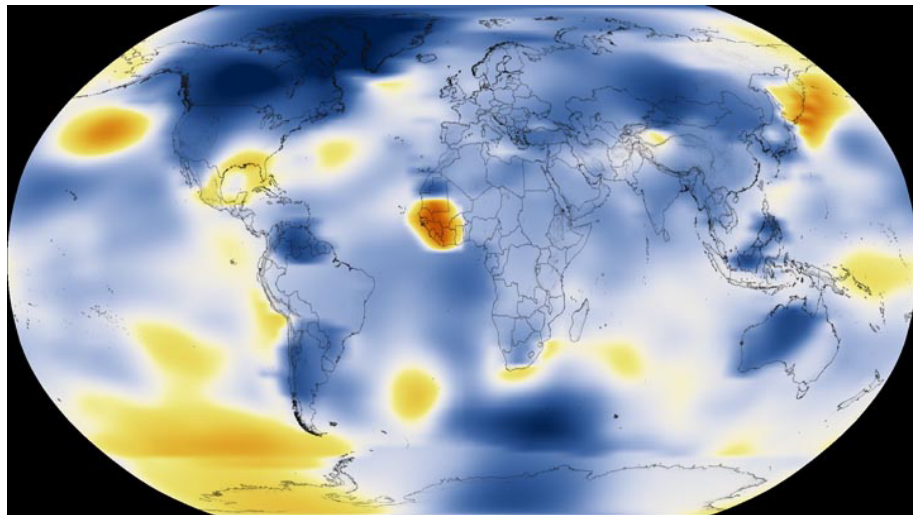


Calentamiento Global

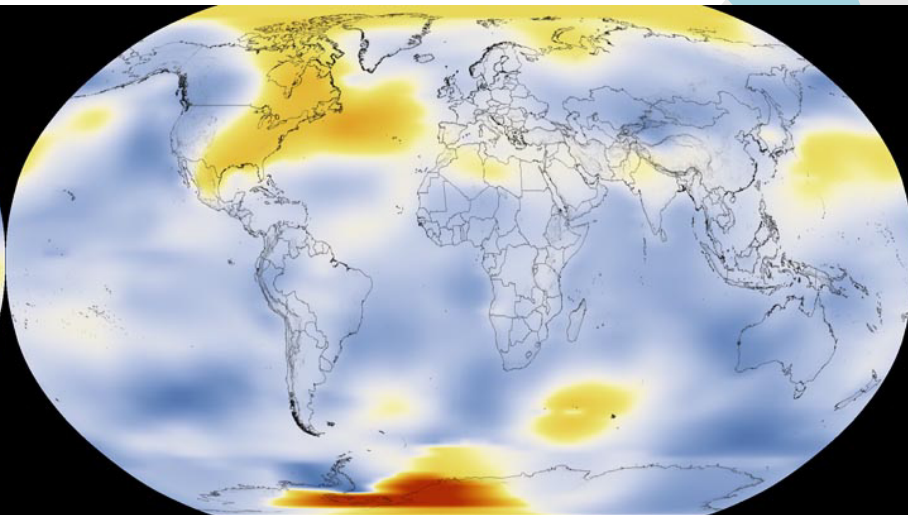
- △ La emisión de gases de efecto invernadero provocan a largo plazo el aumento de la temperatura de la atmosfera.
- △ La quema de combustibles, la deforestación, la ganadería y actividades industriales, incrementan la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmosfera.
- △ Esta atmosfera modificada, altera el equilibrio natural, retiene más calor, y aumenta la temperatura de la Tierra.

I – Introducción | Gestión Energética

Origen de la Gestión Energética | Efecto Invernadero



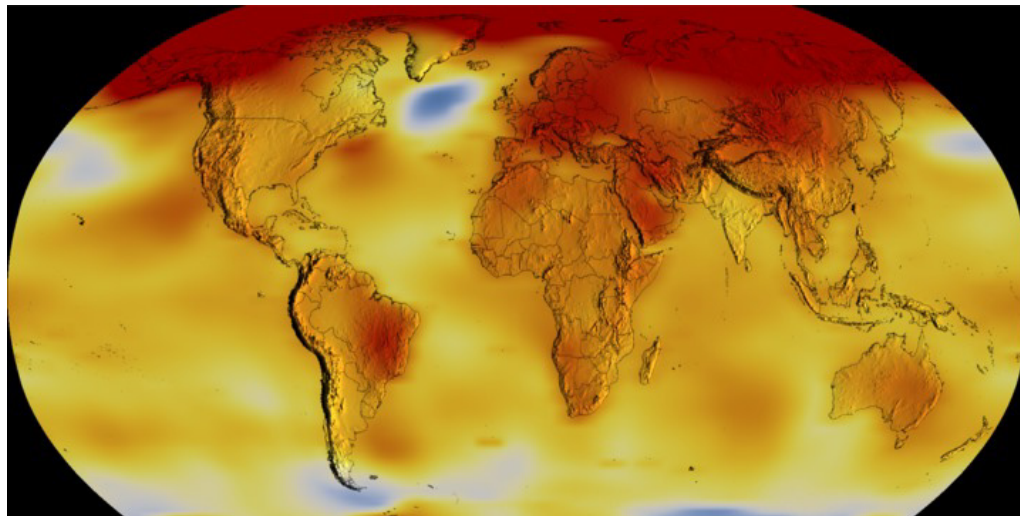
1884



1955

I – Introducción | Gestión Energética

Origen de la Gestión Energética | Efecto Invernadero

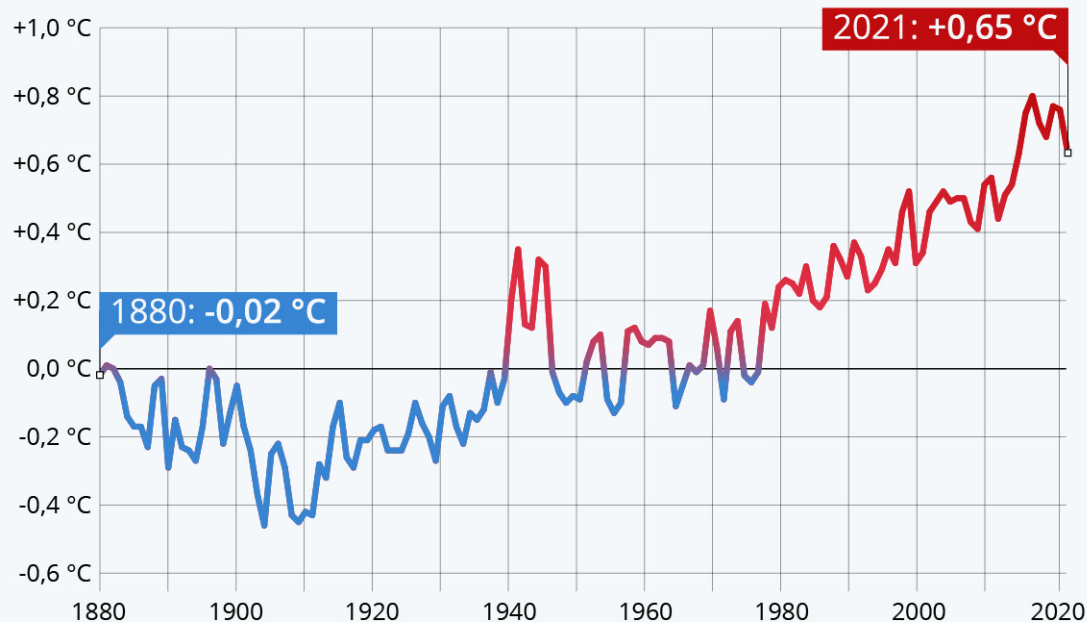


2019

I – Introducción | Gestión Energética

Origen de la Gestión Energética | Índices

Anomalías de la temperatura superficial global de los océanos con respecto a la media del siglo XX



Fuente: Centros Nacionales de Información Ambiental (NCEI) de la NOAA

ÚLTIMA ANOMALÍA DEL PROMEDIO ANUAL: 2021

i

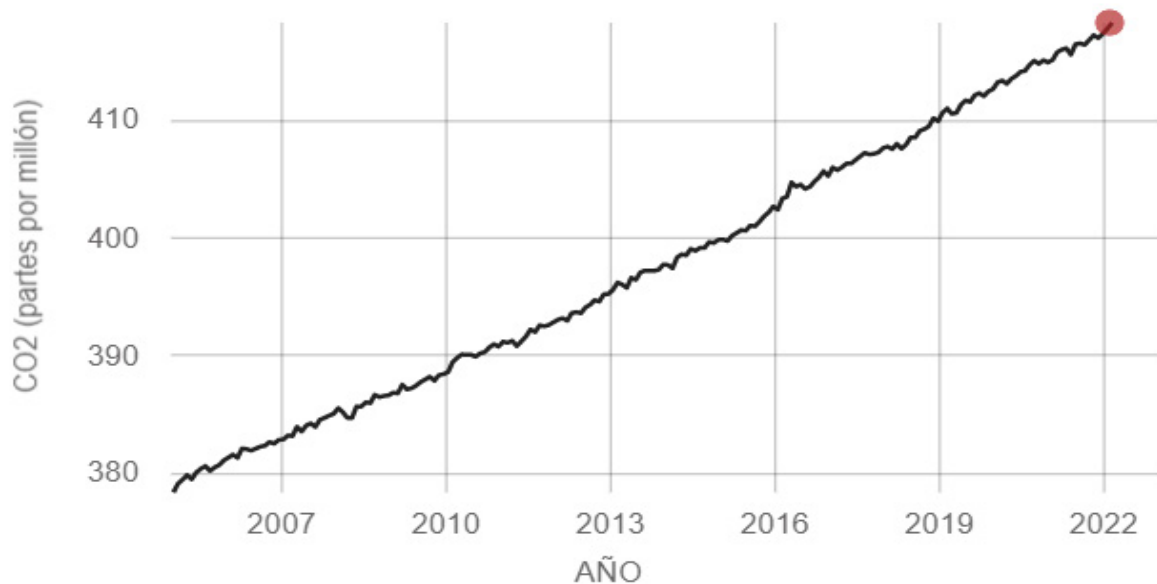
$0.85\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $1,53\text{ }^{\circ}\text{F}$

I – Introducción | Gestión Energética

Origen de la Gestión Energética | Índices

MEDICIONES DIRECTAS: 2005-ACTUALIDAD

Fuente de datos: mediciones mensuales (se elimina el ciclo estacional promedio). Crédito: [NOAA](#)



ULTIMA MEDIDA: febrero 2022

418 ppm

I – Introducción | Gestión Energética

Origen de la Gestión Energética | Índices

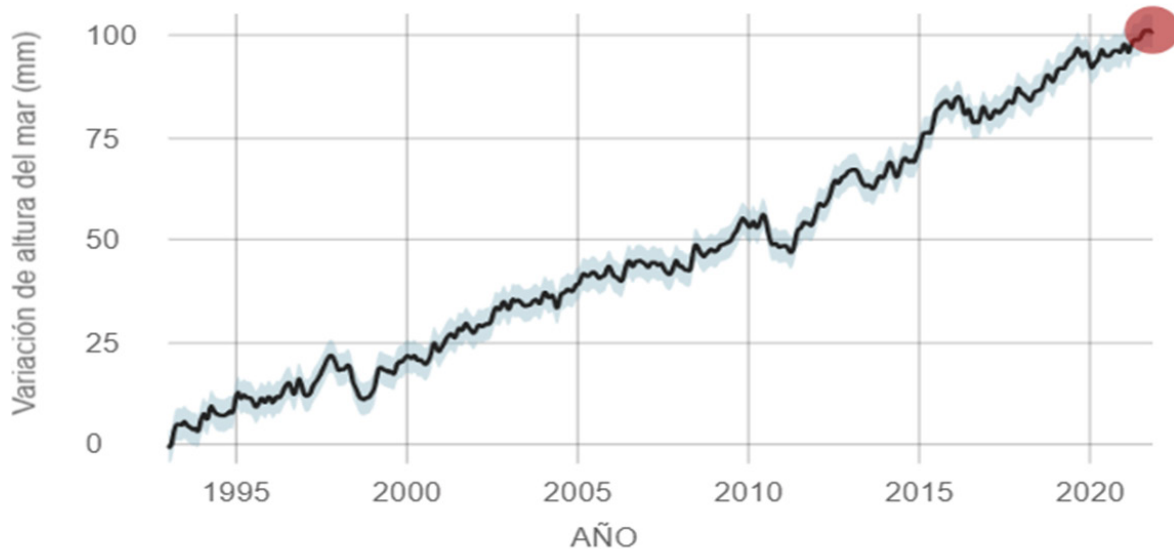
DATOS DEL SATÉLITE: 1993-PRESENTE

Fuente de datos: Observaciones satelitales del nivel del mar.

Crédito: Centro de Vuelo Espacial Goddard de la NASA

AUMENTO DESDE 1993

↑ **101.2**
milímetros



I – Introducción | Gestión Energética

Origen de la Gestión Energética | Índices

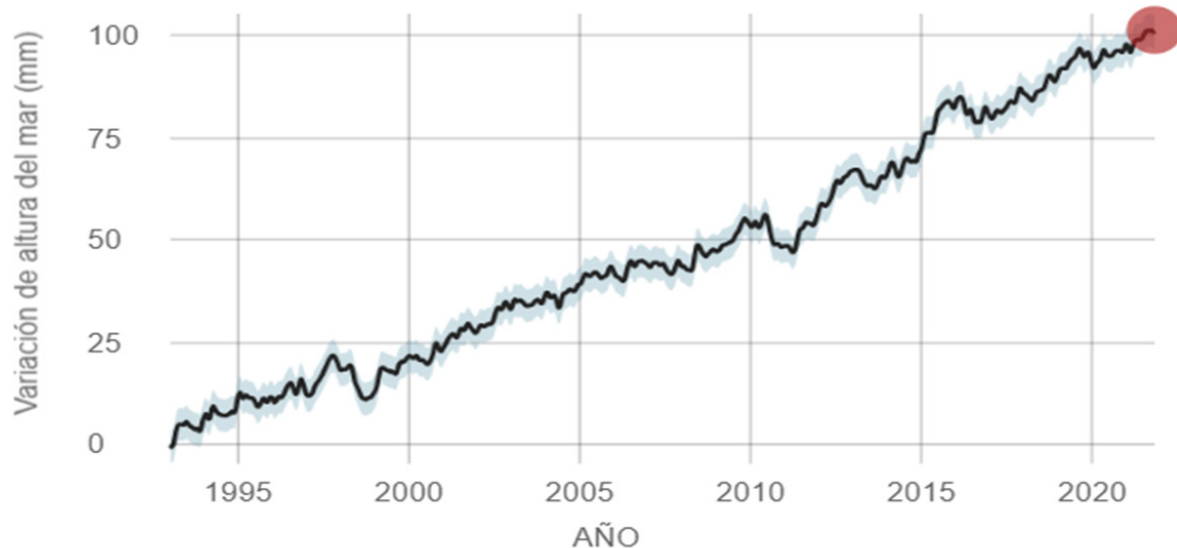
DATOS DEL SATÉLITE: 1993-PRESENTE

Fuente de datos: Observaciones satelitales del nivel del mar.

Crédito: Centro de Vuelo Espacial Goddard de la NASA

AUMENTO DESDE 1993

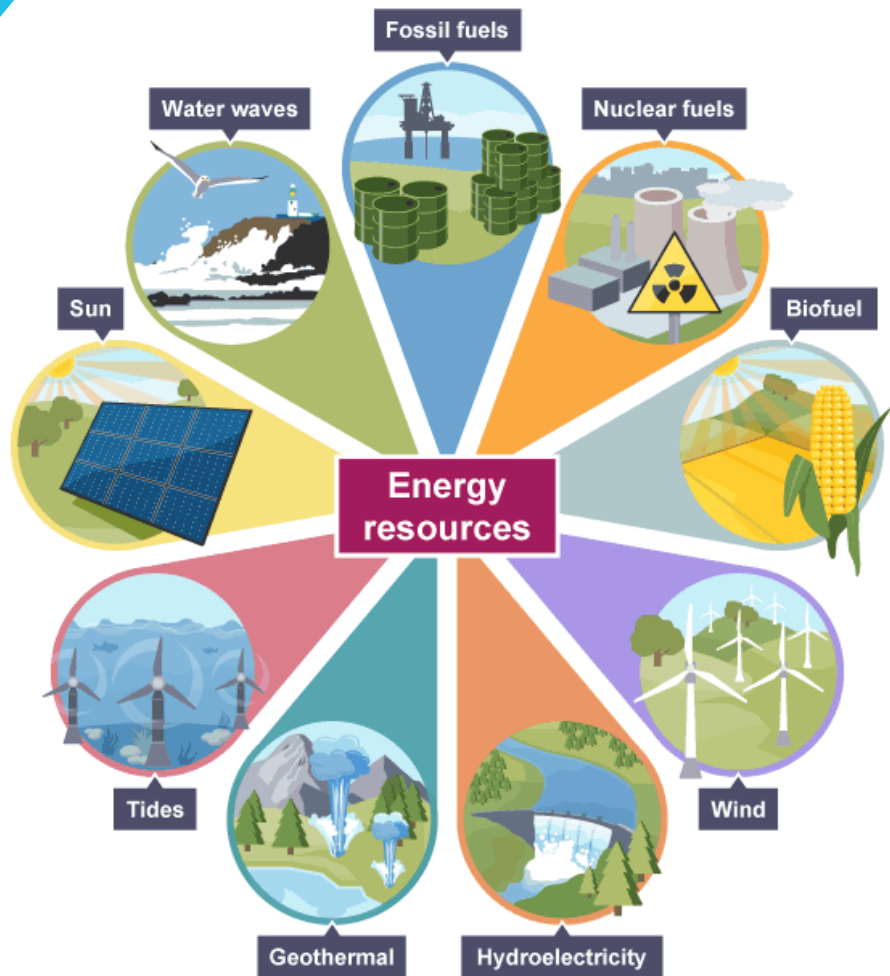
↑ **101.2**
milímetros



TASA DE CAMBIO

↑ **3.4**
(± 0,4) mm/año

Recursos Energéticos



I – Introducción | Gestión Energética

Recursos energéticos



Carbón



Petróleo



Gas Natural

I – Introducción | Gestión Energética

Recursos energéticos



Tipo	Fuentes Primarias	Fuentes Secundarias
Renovables	Solar Eólica Biomasa Hidráulica Geotérmica	Electricidad Biogás Carbón Vegetal
No Renovables	Petróleo Gas Carbón Mineral Uranio	Electricidad Combustibles Gas Envasado Gas Natural en la Red

Fuentes Primarias: son naturales e independiente a la intervención del hombre.

Fuentes Secundarias: el hombre debe participar en el control de las mismas (SISTEMAS).

I – Introducción | Gestión Energética

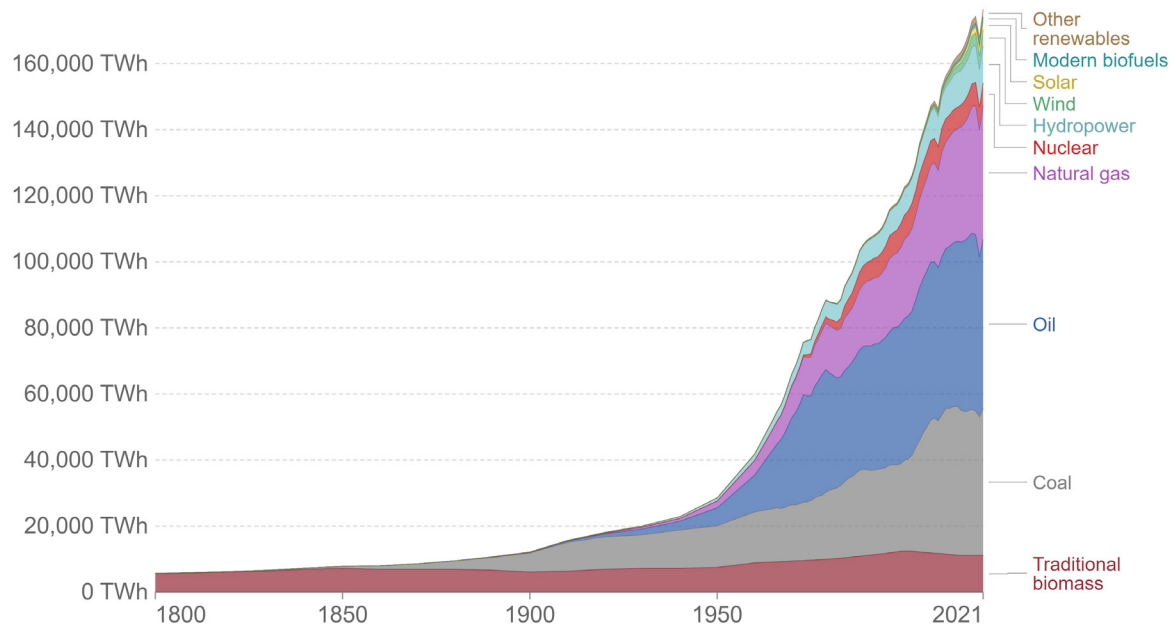
Recursos energéticos - Consumos globales



Global primary energy consumption by source

Primary energy is calculated based on the 'substitution method' which takes account of the inefficiencies in fossil fuel production by converting non-fossil energy into the energy inputs required if they had the same conversion losses as fossil fuels.

Our World
in Data

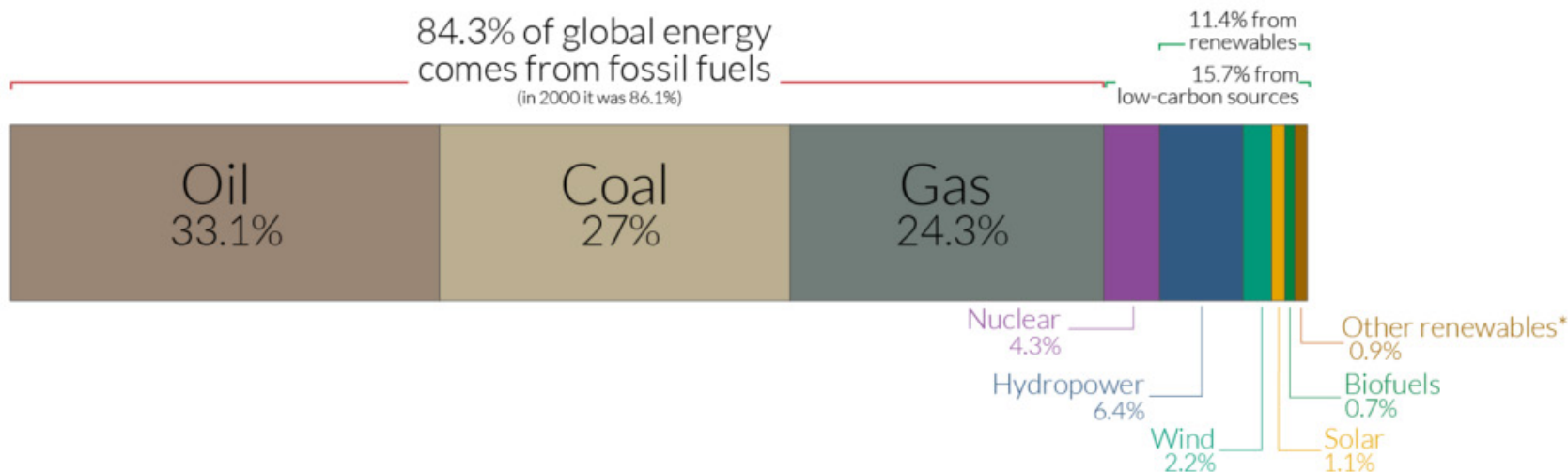


I – Introducción | Gestión Energética

Recursos energéticos



Fuentes globales de energía



*'Other renewables' includes geothermal, biomass, wave and tidal. It does not include traditional biomass which can be a key energy source in lower income settings.

[OurWorldinData.org](https://ourworldindata.org) – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy (2020).

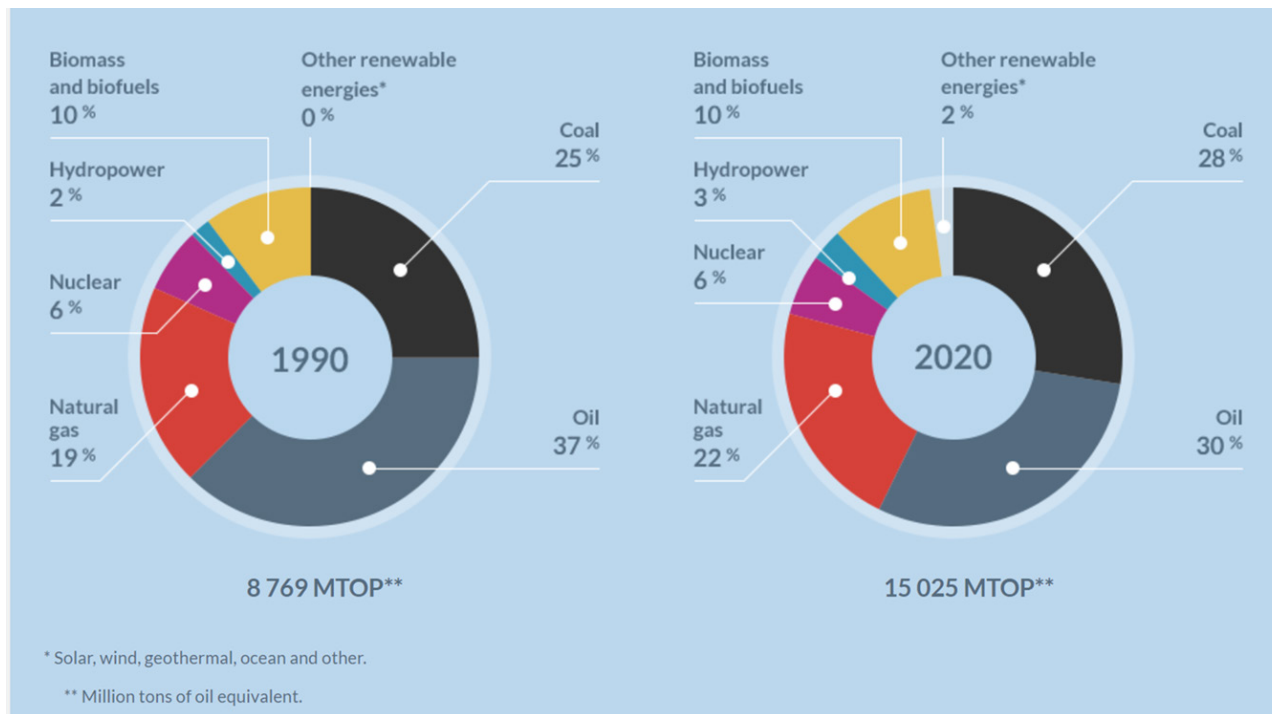
Licensed under [CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) by the author Hannah Ritchie.



I – Introducción | Gestión Energética

Recursos energéticos

Fuentes globales de energía | Comparación 1990 - 2020

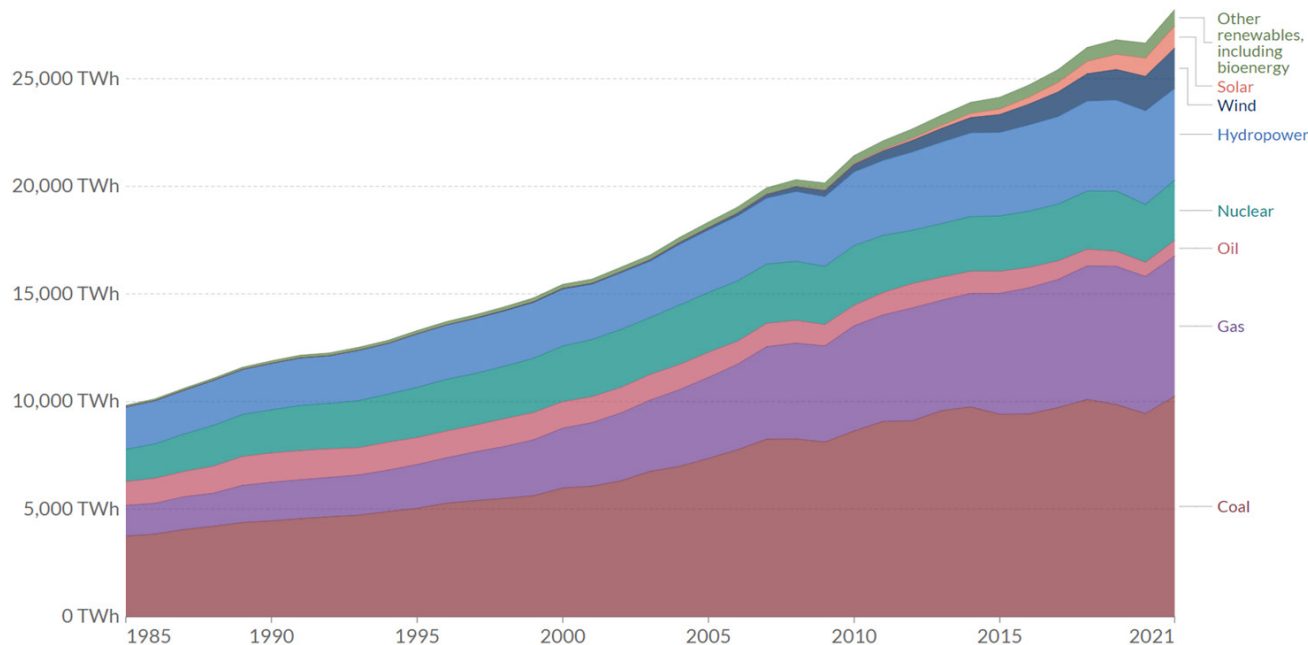


I – Introducción | Gestión Energética

Recursos energéticos



Uso de la Energía Primaria para producción de Electricidad



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy (2022); Our World in Data based on Ember's Global Electricity Review (2022); Our World in Data based on Ember's European Electricity Review (2022)
Note: 'Other renewables' includes biomass and waste, geothermal, wave and tidal.
OurWorldInData.org/energy • CC BY

I – Introducción | Gestión Energética

Eficiencia Energética ¿Por qué?





I – Introducción | Gestión Energética

Eficiencia Energética ¿Por qué?

DISPARADORES

PROTOCOLO DE KIOTO

- △ Pacto firmado por los gobiernos en la conferencia de ONU sobre Cambio Climático celebrada en la ciudad de Kioto en 1997.
- △ **Se comprometieron a reducir , entre los años 2008 y 2012, en un 5,2% la cantidad de emisiones a la atmosfera de GEI.**

ACUERDO DE PARIS

- △ Pacto mundial de lucha contra el calentamiento global
- △ Firmado el 12 de diciembre del 2015.
- △ **Persigue que el aumento de la temperatura a final de este siglo se quede entre los 2 y los 1,5 grados respecto a los niveles preindustriales.**



I – Introducción | Gestión Energética

Eficiencia Energética ¿Por qué?

Aparecen 2 conceptos aliados:

- △ Uso racional de la Energía
- △ Eficiencia Energética

Exigen el “**aprovechamiento óptimo**” de la **energía** en todos los eslabones de las diferentes cadenas energéticas y productivas.

En la práctica debe realizarse partiendo de la **selección de la fuente energética, optimizando** su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo e incluyendo su **reutilización** cuando sea posible.



I – Introducción | Gestión Energética

Eficiencia Energética ¿Por qué?



Uso Racional de la Energía:
Es el uso de la energía de manera lógica, sensata, responsable, sin desperdicios y sin privaciones.



Eficiencia Energética:
Se refiere a producir más, con la misma cantidad de energía; o producir lo mismo con menos cantidad de energía.

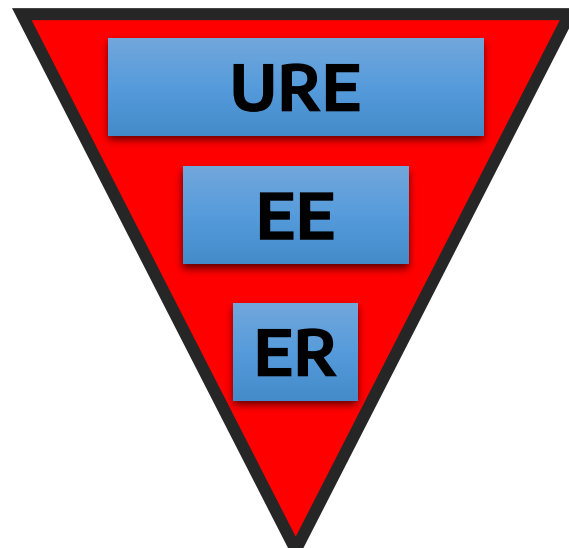
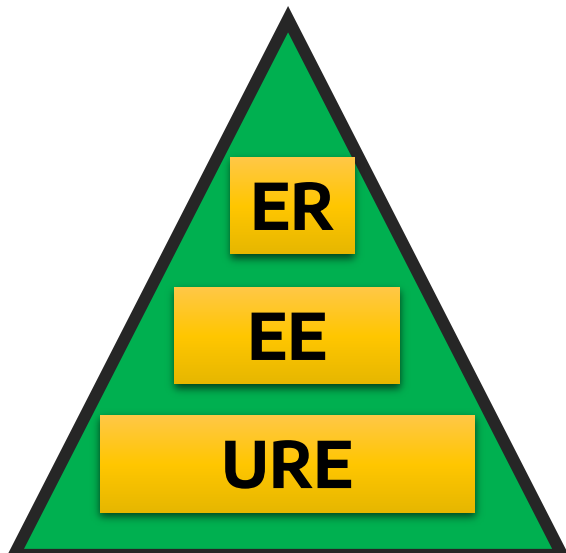




I – Introducción | Gestión Energética

Eficiencia Energética ¿Por qué?

Pirámide de Gestión Energética | Concepto

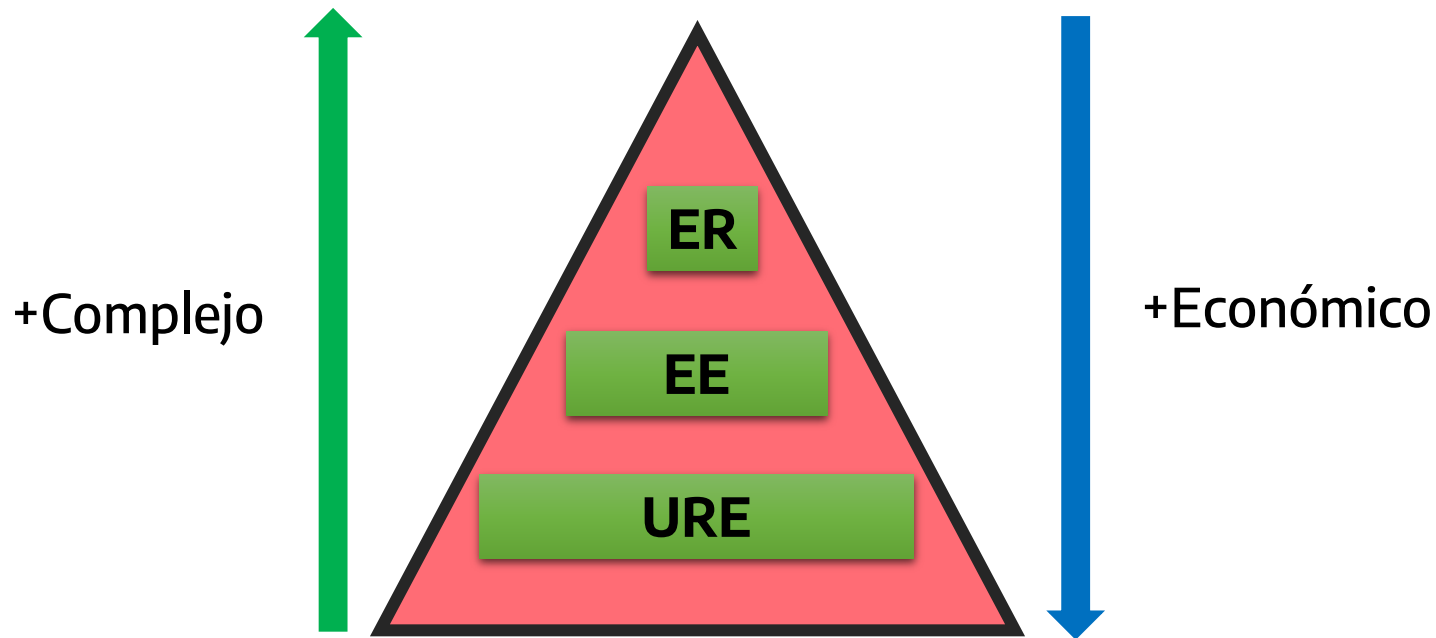




I – Introducción | Gestión Energética

Eficiencia Energética ¿Por qué?

Pirámide de Gestión Energética | Concepto

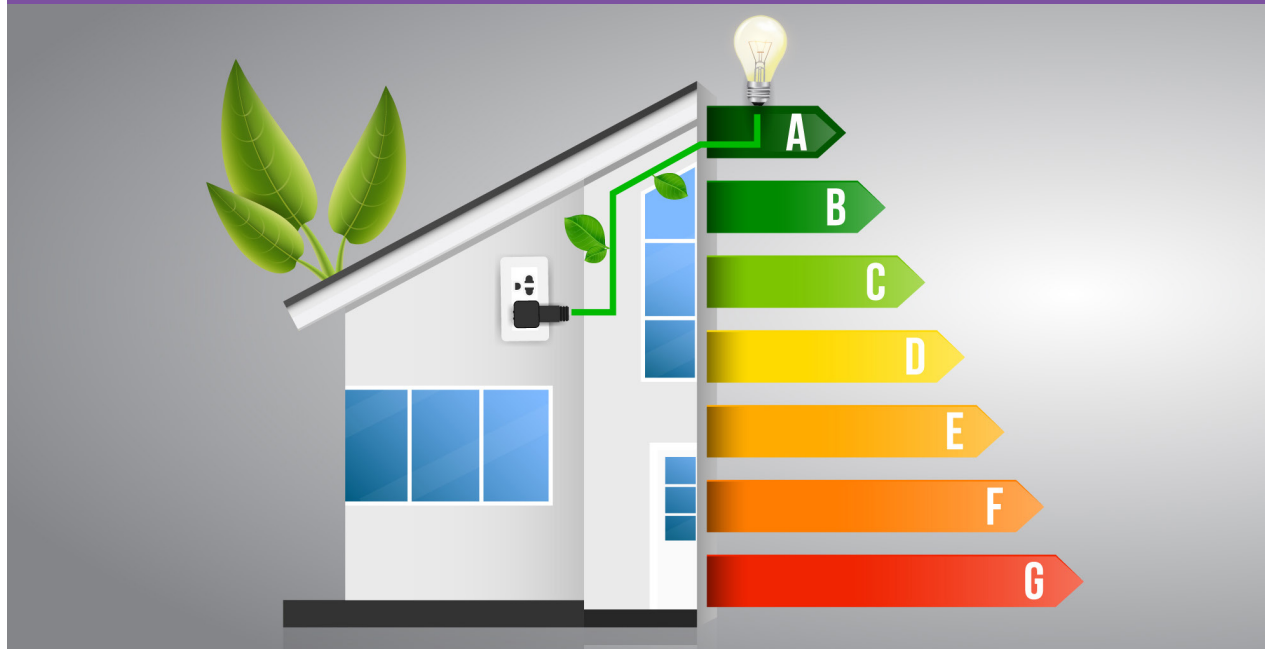


I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

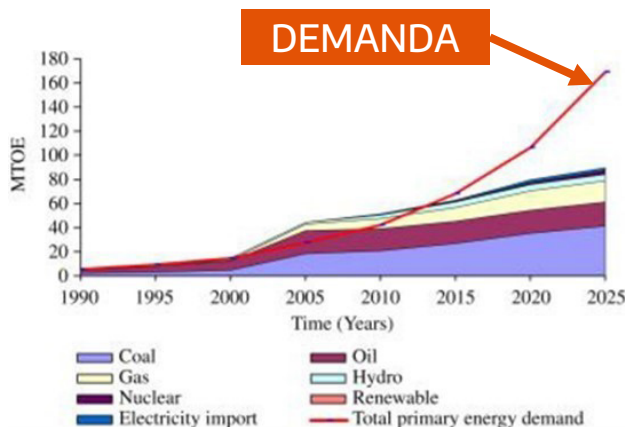


¿POR QUÉ HACER UNA GESTIÓN ENERGÉTICA?

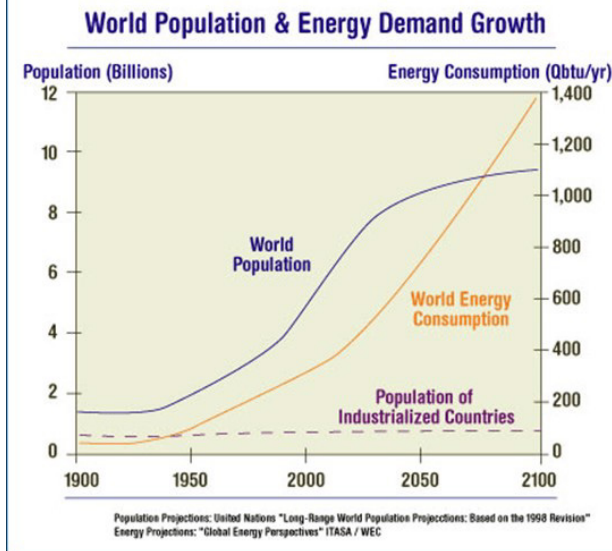


I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia



Balance de oferta y demanda de energía primaria

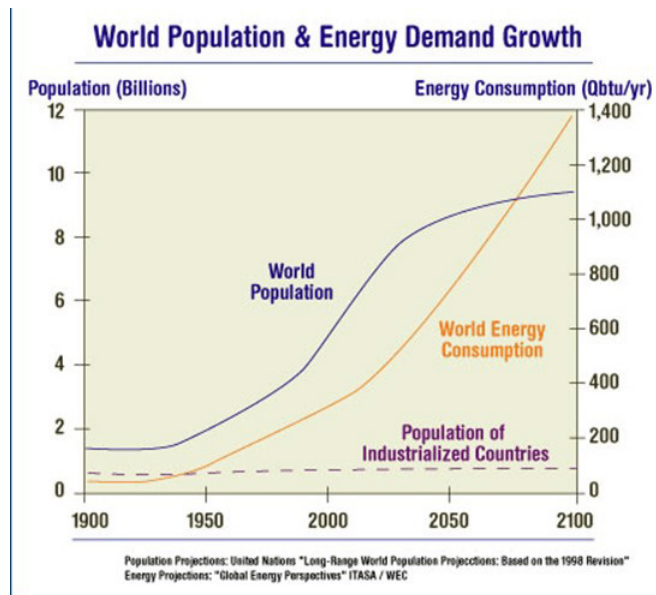


DESACOPLAR

CRECIMIENTO
DEMANDA ENERGÉTICA

I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia



DESACOPLAR

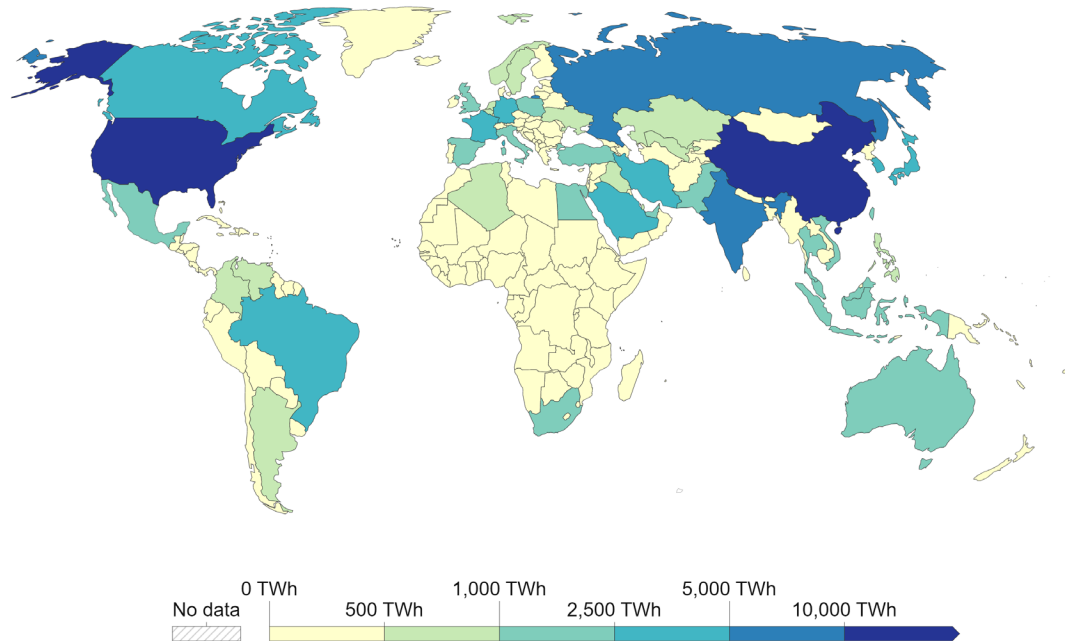
CRECIMIENTO
DEMANDA ENERGÉTICA



I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Consumo de Energía Primaria | 2021



Source: BP Statistical Review of World Energy; and EIA

OurWorldInData.org/energy • CC BY

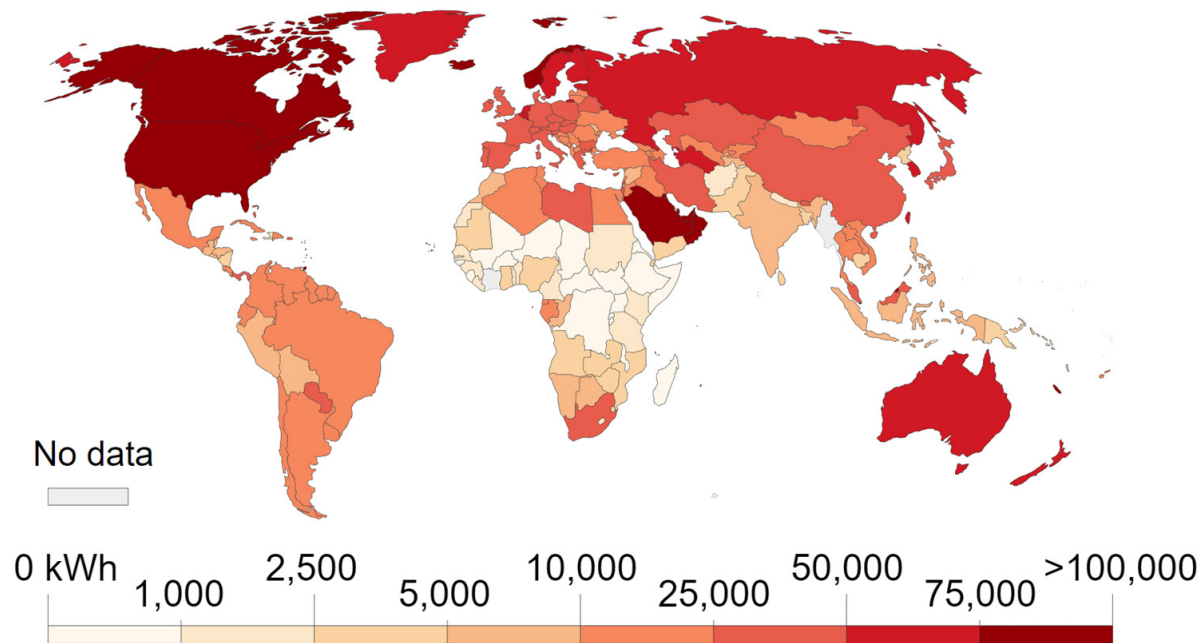
Note: Data includes only commercially-traded fuels (coal, oil, gas), nuclear and modern renewables. It does not include traditional biomass.



I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Uso energético por persona | 2019



Source: Our World in Data based on BP & Shift Data Portal

Note: Energy refers to primary energy – the energy input before the transformation to forms of energy for end-use (such as electricity or petrol for transport).

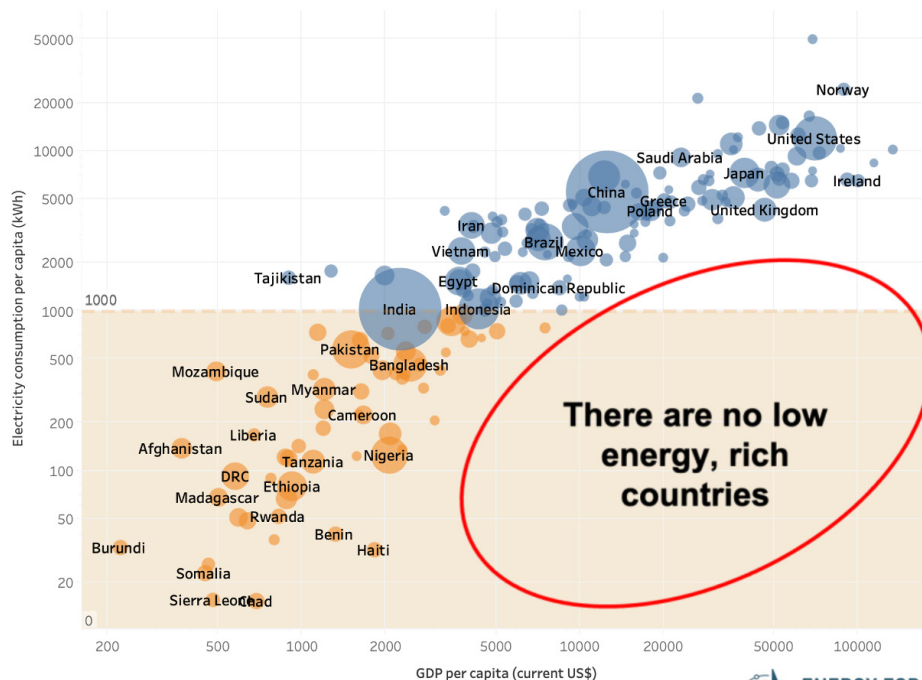
OurWorldInData.org/energy • CC BY



I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Demanda de energía y PBI | Pronóstico



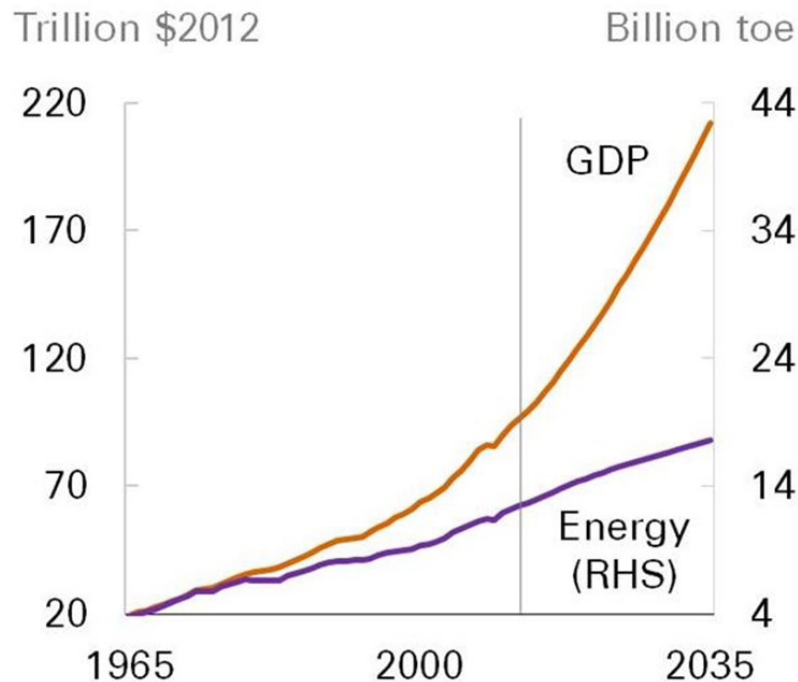
Source: US Energy Information Administration, World Bank (2021)
 $R^2 = 0.8$



I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Demanda de energía y PBI | Pronóstico

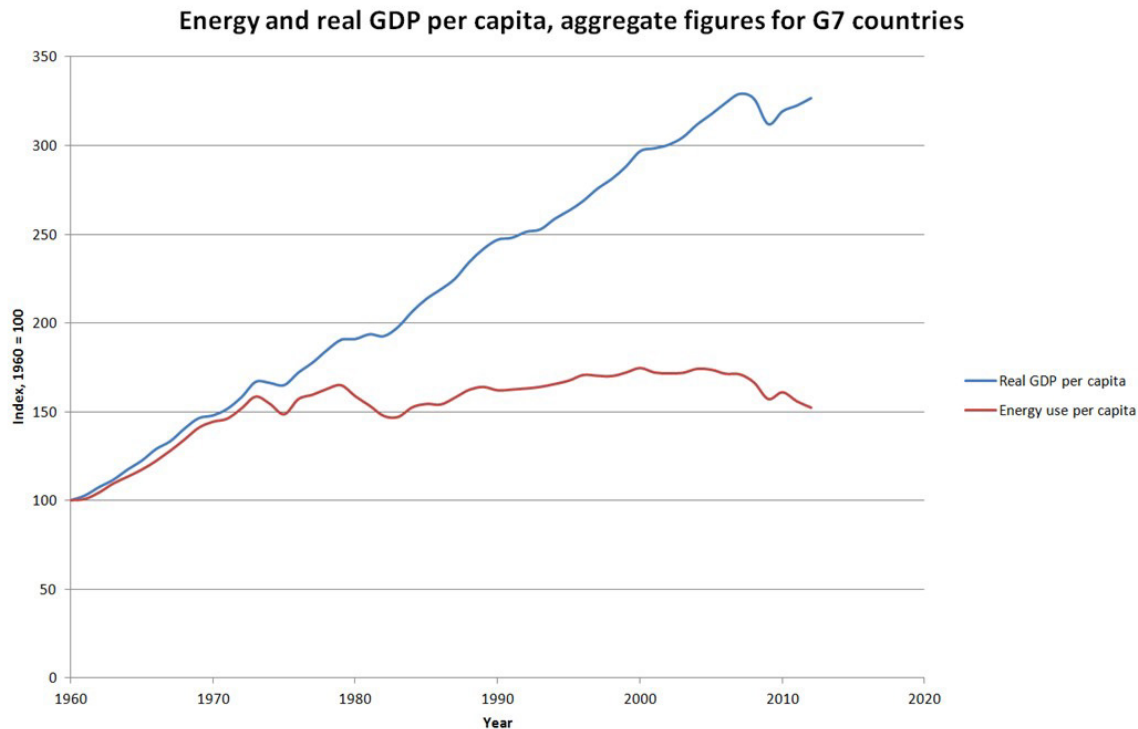




I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Países del G7 | PBI real y uso de energía per cápita



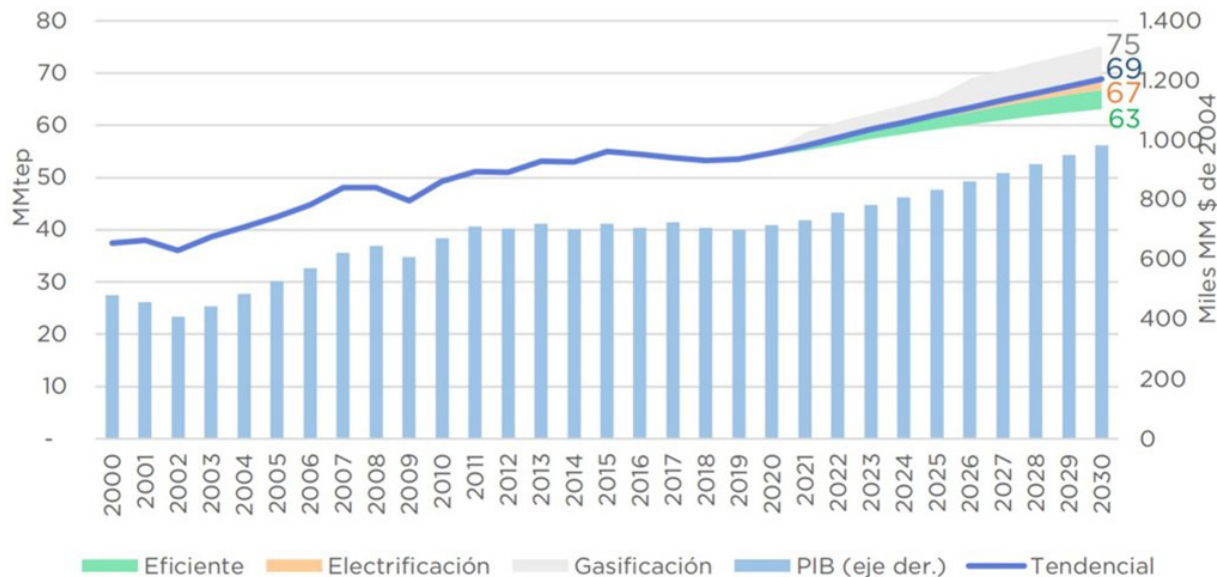
I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Argentina



Gráfico N° 7-2: Evolución del consumo final de energía y PIB, 2000-2030



Fuente: SSPE-Secretaría de Gobierno de Energía - Ministerio de Hacienda.

I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia



¿POR QUÉ
HACER UNA
GESTIÓN
ENERGÉTICA
EN PLANTAS
INDUSTIALES?



I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia



INDUSTRIA
CONSUME

30% de la
energía
primaria
producida
(Producción +
Importaciones)

27% de la
electricidad
producida

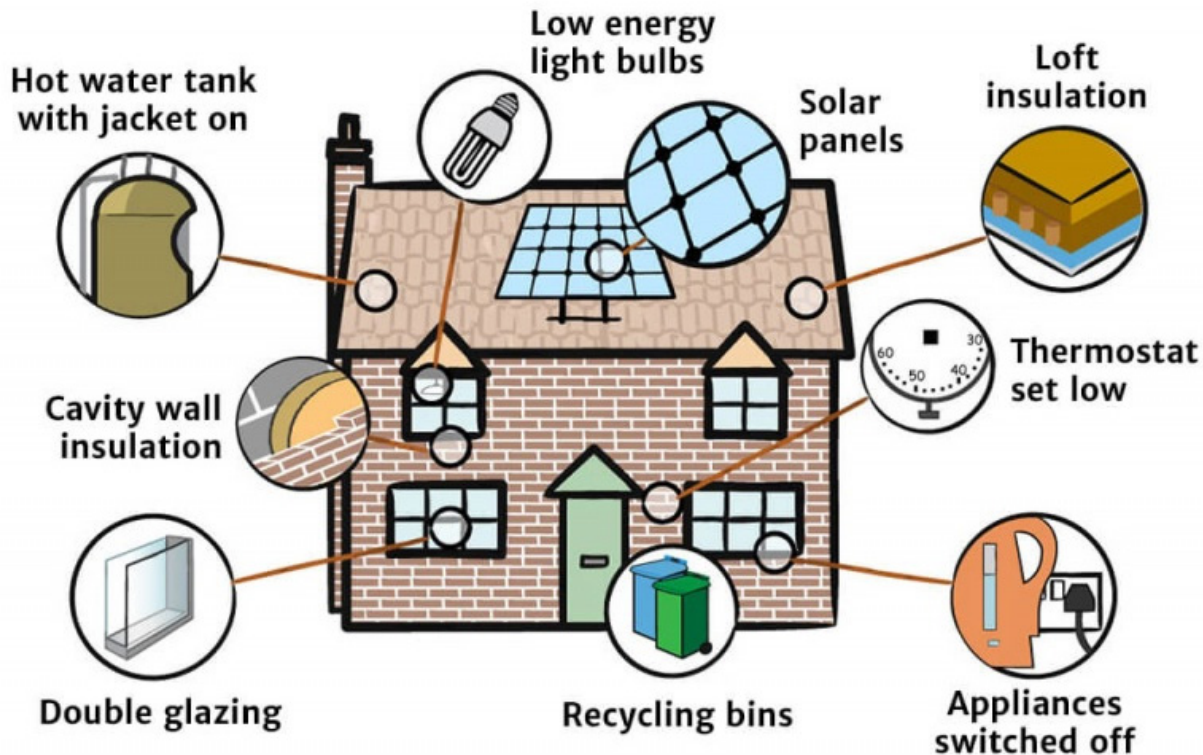


I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia



¿POR QUÉ
HACER UNA
GESTIÓN
ENERGÉTICA
EN
CONSTRUCCIONES
CIVILES?



I – Introducción | Gestión Energética

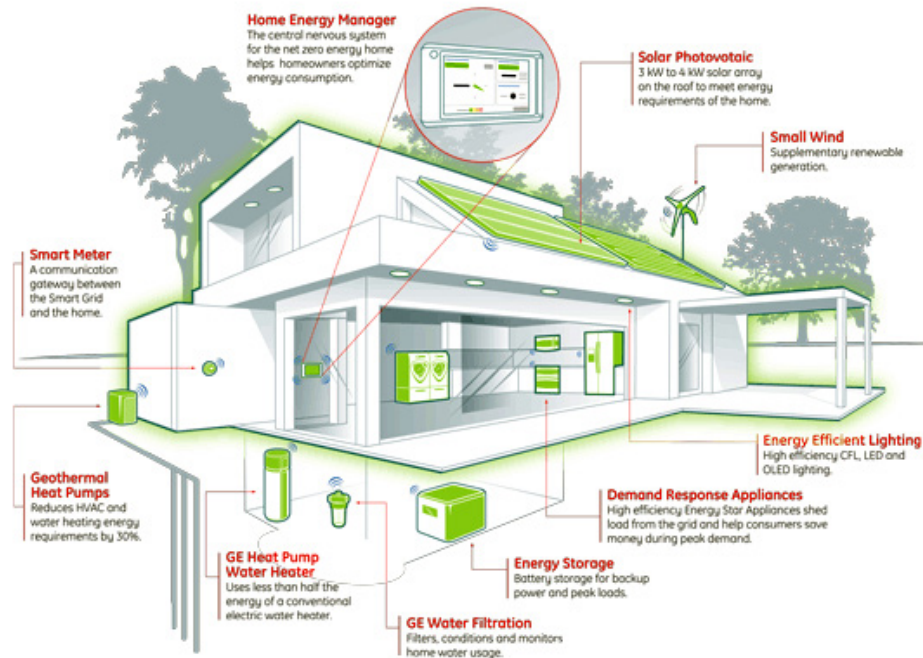
Gestión de la Energía y Eficiencia



HOGARES
CONSUMEN

27% de la
energía
primaria
producida
(Producción +
Importaciones)

45% de la
electricidad
producida

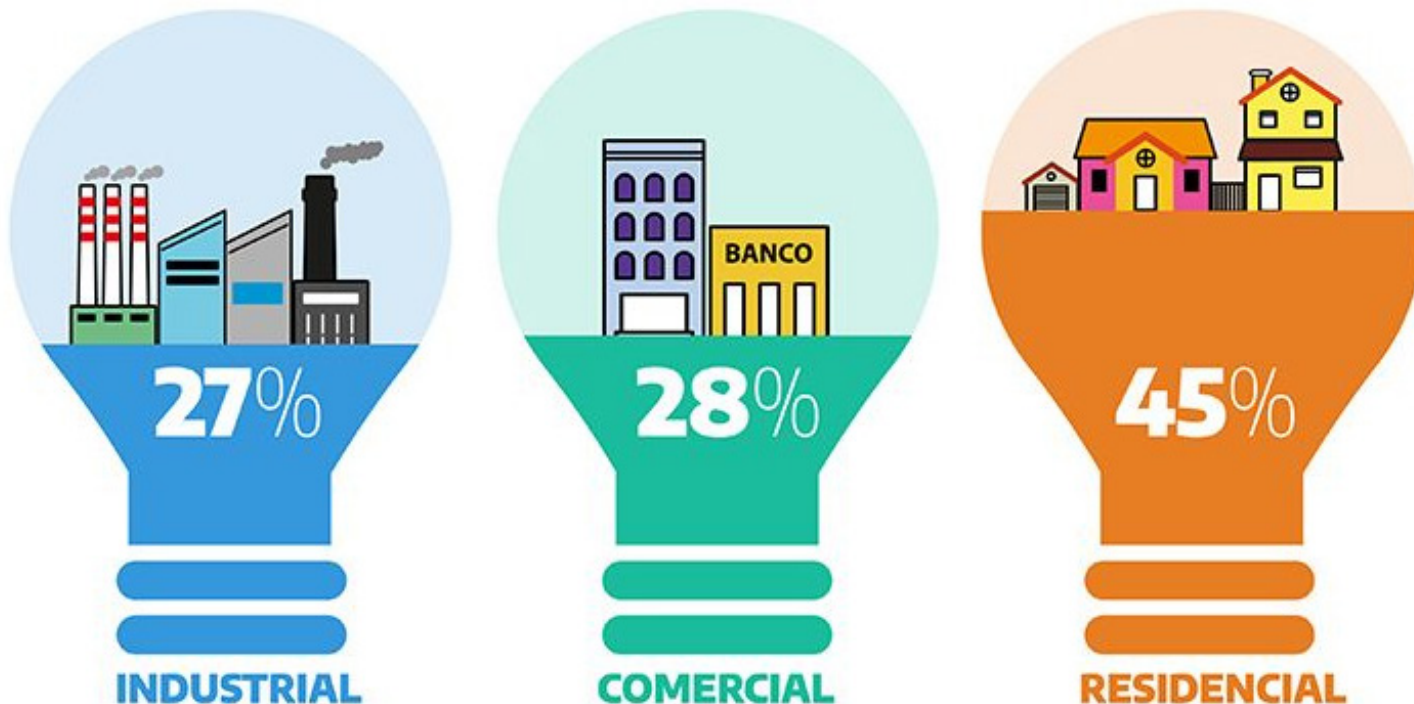


I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia



Distribución del consumo de la energía eléctrica producida

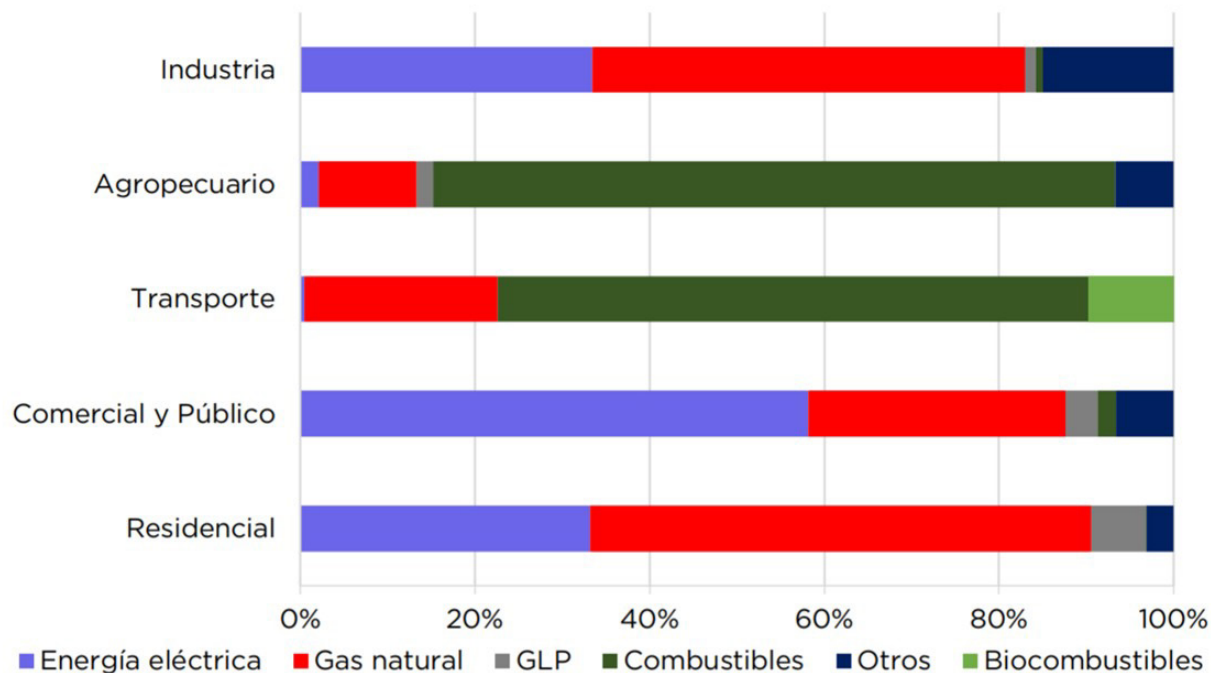


I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia



Gráfico N° 7-5: Estructura del consumo final de energía por segmento — escenario tendencial 2030



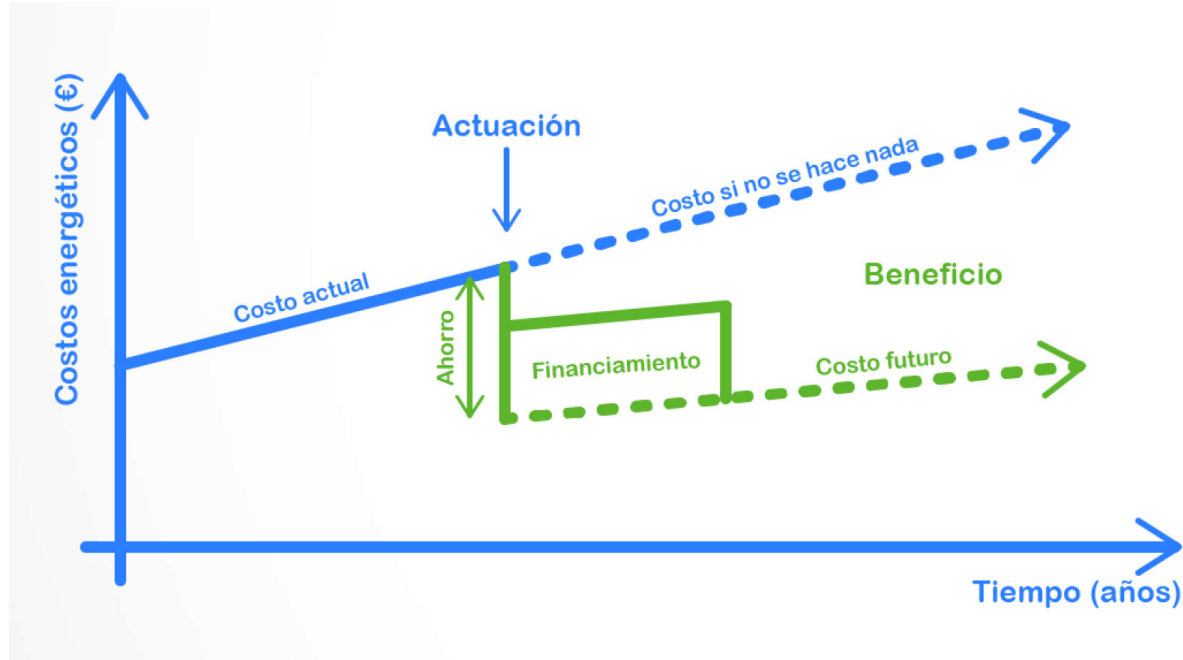
Fuente: SSPE-Secretaría de Gobierno de Energía - Ministerio de Hacienda.



I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Reducción de los Costos de Producción

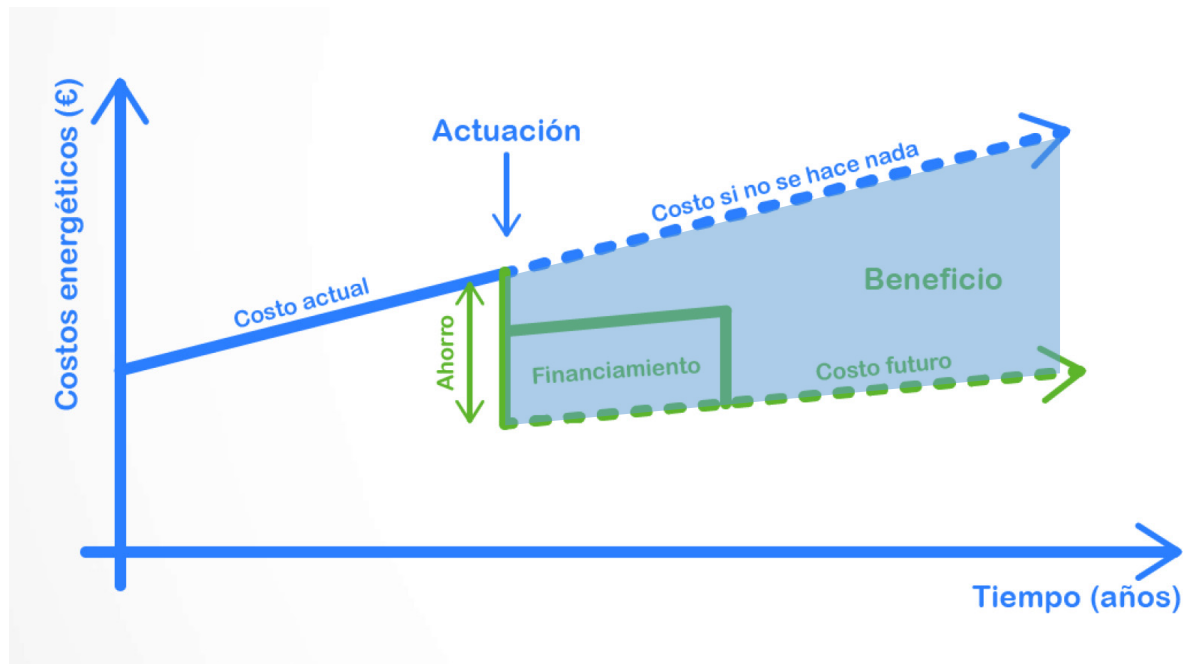




I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Reducción de los Costos de Producción





I – Introducción | Gestión Energética

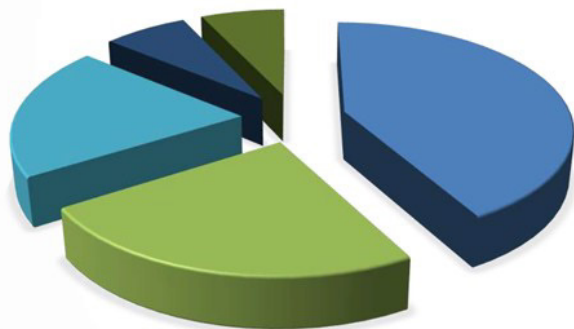
Gestión de la Energía y Eficiencia

Beneficios de la Eficiencia Energética

Margen Bruto = \$ productos - \$ materia prima



Margen Neto = Margen Bruto - **Costos operativos**



- Energía
- Personal
- Otros Gs. Variables
- Mantenimiento
- Otros Gs. Fijos

Distribución típica de gastos
operativos en una
INDUSTRIA ENERGOINTENSIVA

I – Introducción | Gestión Energética

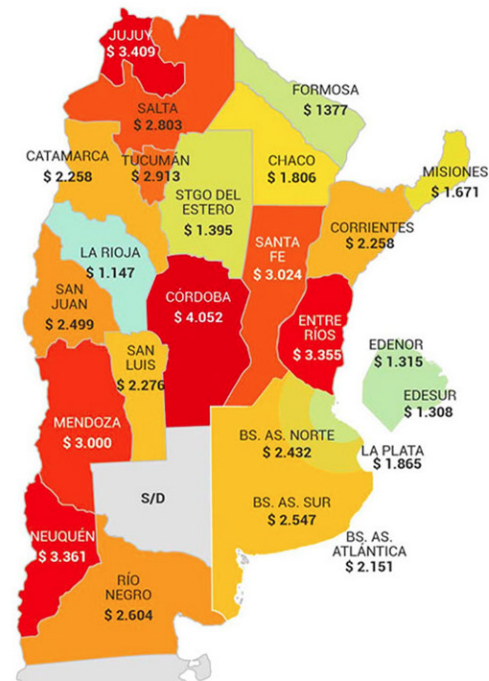
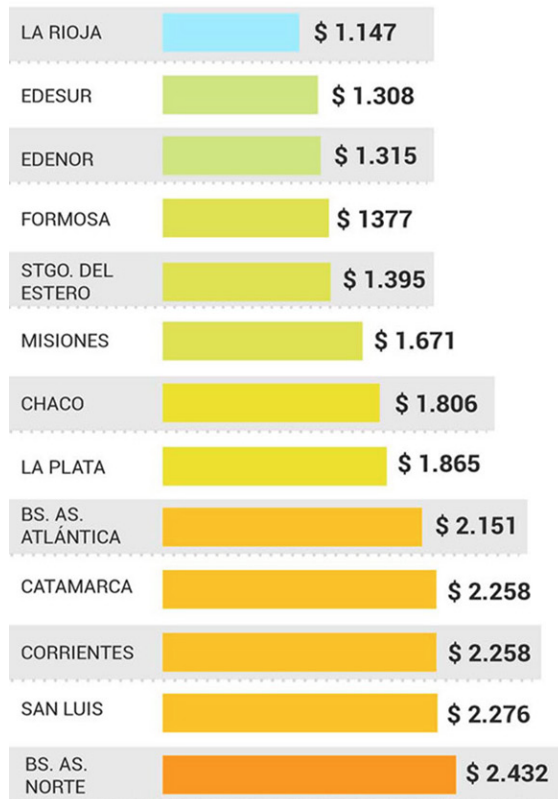
Gestión de la Energía y Eficiencia

Comparación nacional
tarifa de EE (300 kWh)
en clientes residenciales
(febrero 2024)



Δ FORMOSA 4^{ta} tarifa de
EE más barata a nivel
nacional.

Δ ~ 87 \$/kWh (08/2024)



I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia



Evolución de las facturas de pequeñas industrias y comercios (marzo 2024)

GRÁFICO N° 12: Evolución de factura comercial e industrial en el AMBA con impuestos

GRÁFICO N° 12.1: Factura comercial sin impuestos en miles de \$ | 10 KW de potencia y consumo de 1200 kwh.

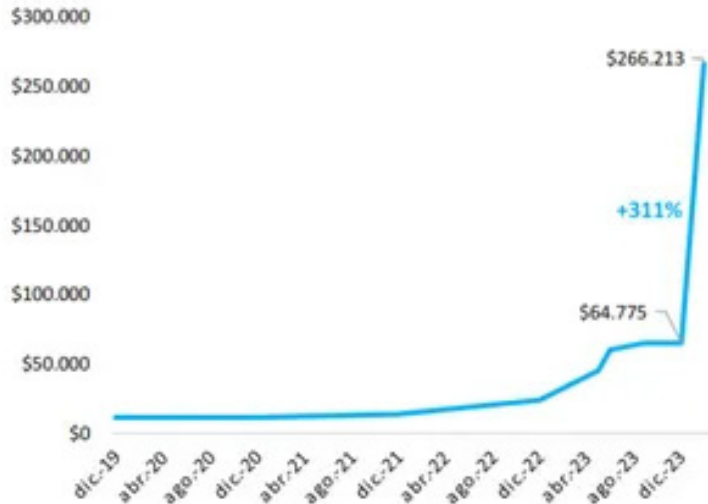
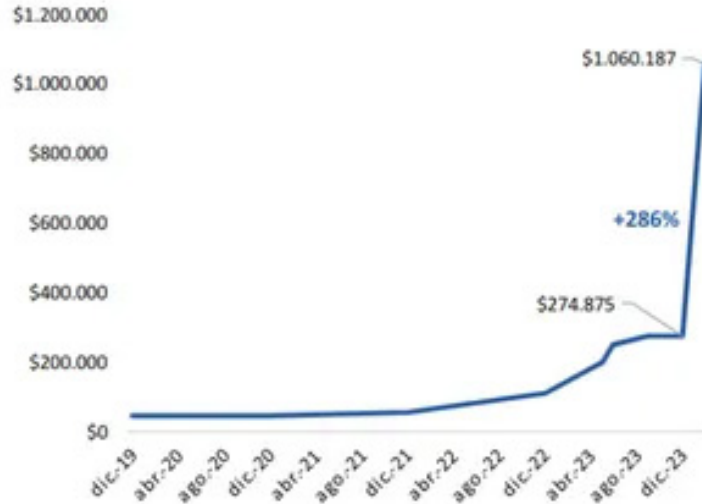


GRÁFICO N° 12.2: Factura industrial sin impuestos en miles de \$ | 35 KW de potencia y consumo de 6.500 Kwh.



I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia



Evolución de las facturas de pequeñas industrias y comercios (marzo 2024)

GRÁFICO N° 12: Evolución de factura comercial e industrial en el AMBA con impuestos

GRÁFICO N° 12.1: Factura comercial sin impuestos en miles de \$ | 10 KW de potencia y consumo de 1200 kwh.

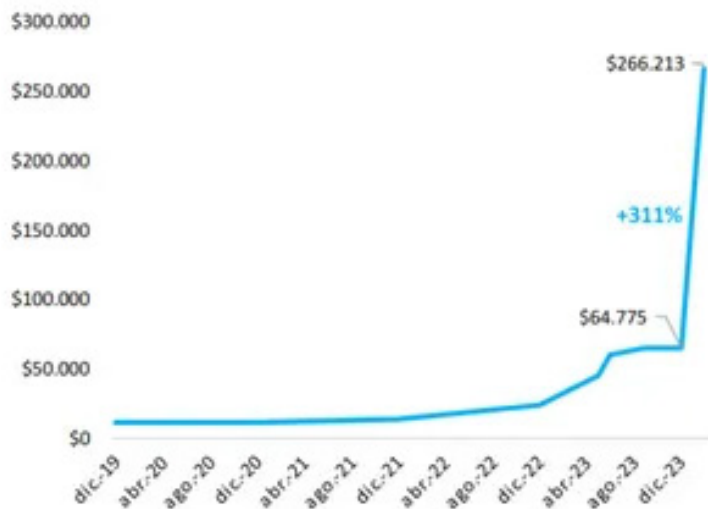
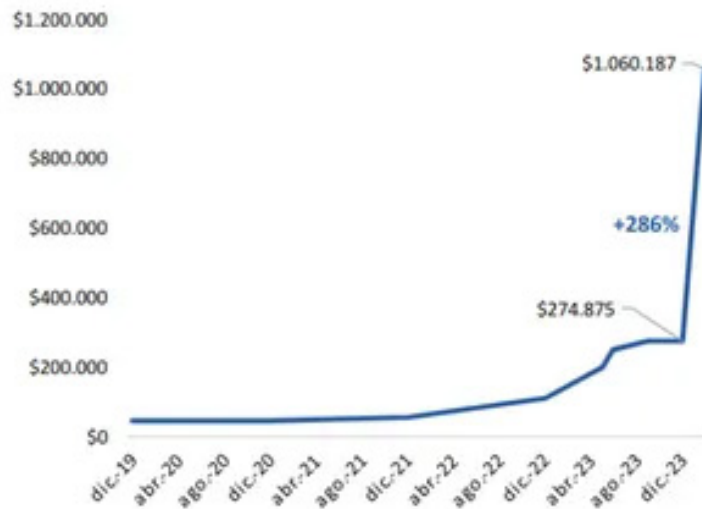
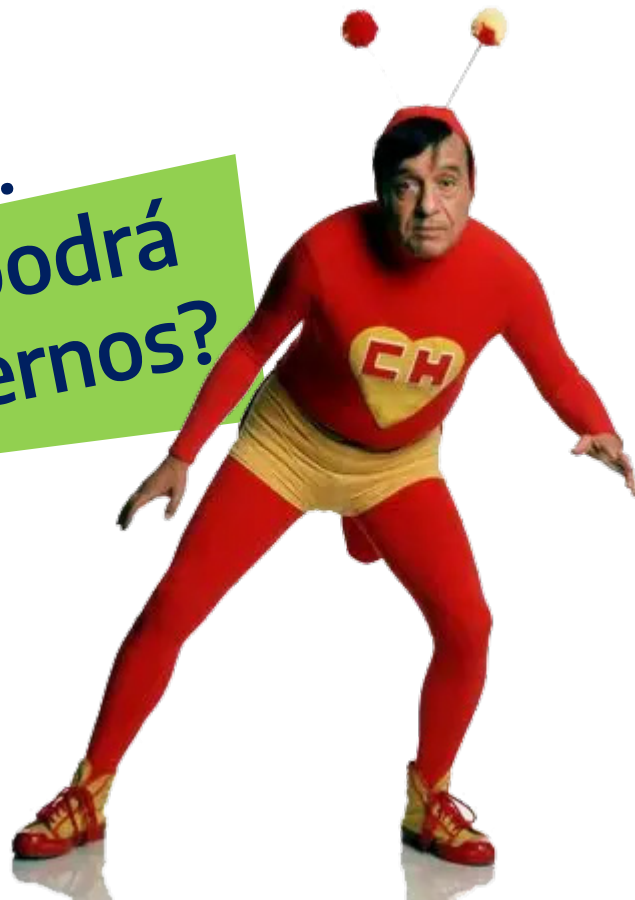


GRÁFICO N° 12.2: Factura industrial sin impuestos en miles de \$ | 35 KW de potencia y consumo de 6.500 Kwh.



Gestión de la Energía y Eficiencia

Y ahora...
¿quién podrá
defendernos?





I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Objetivo de la Gestión Energética

Evaluar la utilización de la energía, tanto eléctrica como térmica, mediante **mediciones y análisis**, proponiendo **mejoras** en equipos y procesos **sin disminuir** el nivel de **prestaciones**, con el fin de lograr un **uso eficiente y racional de la energía**, logrando que se vea reflejado en los **costos** de la misma.





I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Objetivo de la Gestión Energética

- △ Ayudar a las organizaciones a hacer un mejor uso de sus activos que consumen energía.
- △ Promover las mejores prácticas de utilización de la Energía.
- △ Reducir de emisiones de gases de efecto invernadero.
- △ Permitir (en el caso de implementar Norma IRAM/ISO 50001) la integración con otros sistemas de gestión de la organización.





I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Beneficios de la Gestión Energética en la Industria

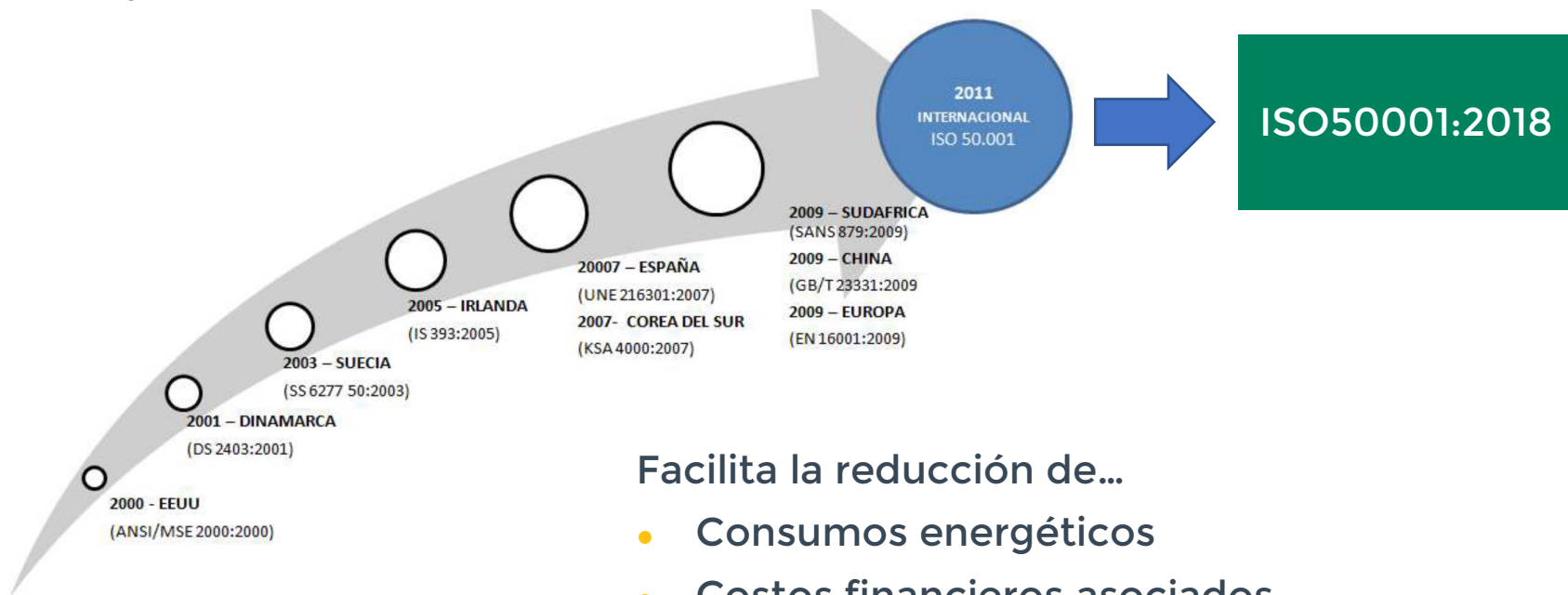
- △ Genera conocimiento de dónde se consume la energía.
- △ Conocer cuál es el potencial de ahorro y el costo de implementar medidas para la mejora. (Línea de Base).
- △ Lograr procesos más competitivos.
- △ Utilizar menos energía para dar los mismos servicios.
- △ Se puede aplicar a organizaciones de todo tipo.



I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

SGEn | ISO 50001



Facilita la reducción de...

- Consumos energéticos
- Costos financieros asociados
- Emisiones de gases de efecto invernadero

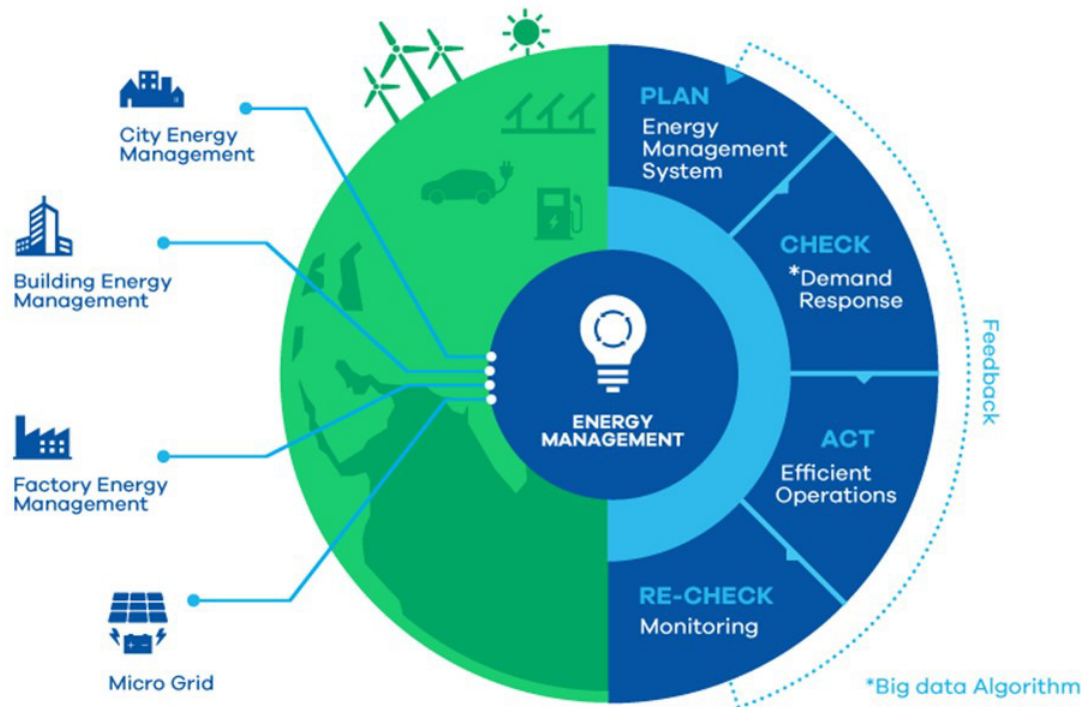
I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

ISO 50001 | Objetivos

⚠ Permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos para mejorar continuamente el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía.

⚠ Proporcionar los requisitos para un proceso sistemático, orientado a la información y basado en hechos, focalizado en la mejora continua del desempeño energético (DE) de corriente, protecciones eléctricas.



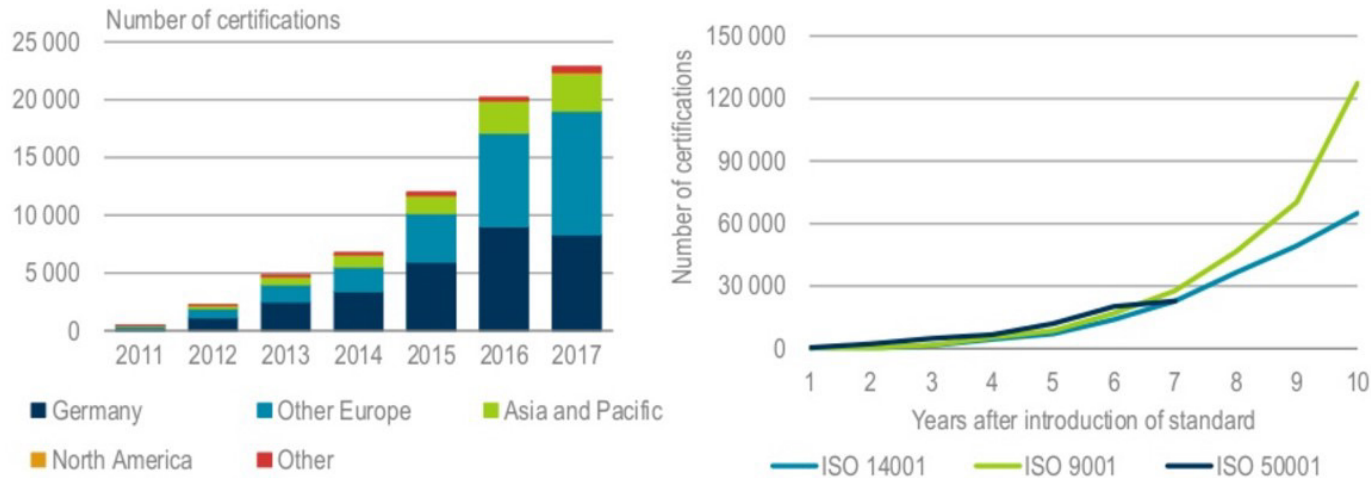


I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

ISO 50001 | Certificaciones 2011-2017

ISO 50001 certifications 2011-17 (left) and certification progress compared with other management standards (right)



There were over 23 000 ISO 50001 certifications in 2017, a slow down in the rate of growth. Matching certifications for other management standards will depend on take-up by China.



I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

ISO 9001 vs 14001 vs 50001 | Certificaciones 2015-2017

Standard	Number of certificates in 2015	No of certificates in 2016	No of certificates in 2017	Change 2015 - 2017	% change
ISO 9001	1,034,180	1,106,356	1,058,504	24,324	+ 2.3%
ISO 14001	319,496	346,189	362,610	43,114	+ 1.3%
ISO 50001	11,985	20,216	22,870	10,885	+ 90.8%

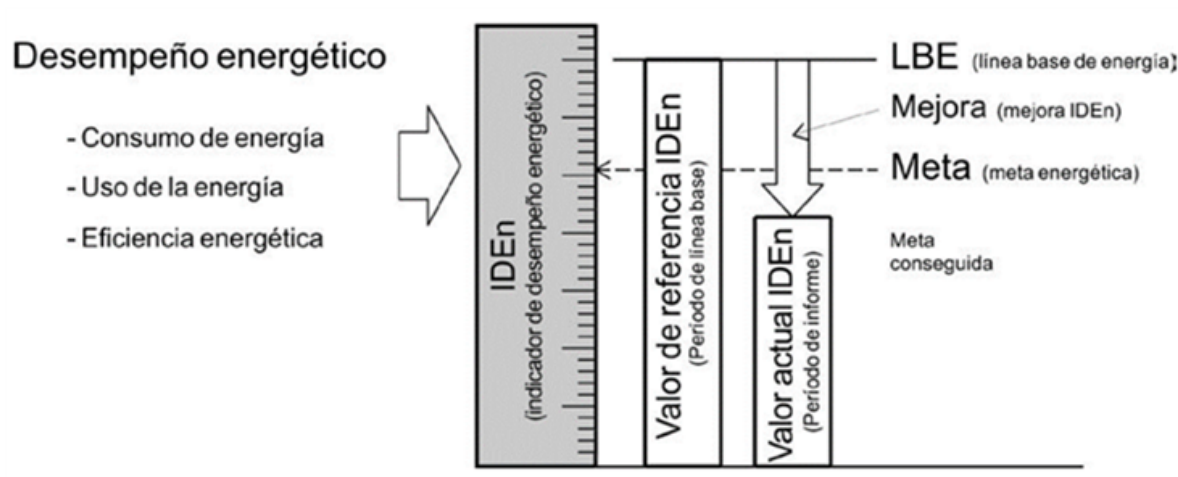


I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

ISO 50001 | IDEn y LBE

- △ Los indicadores de desempeño energético (IDEn) y líneas base de energía (LBE) son dos elementos claves interrelacionados de ISO 50001 que permiten la medición, y por lo tanto la gestión de la energía en una organización.
- △ Desempeño energético es un concepto amplio que se relaciona con el consumo de energía, el uso de energía y la eficiencia energética.



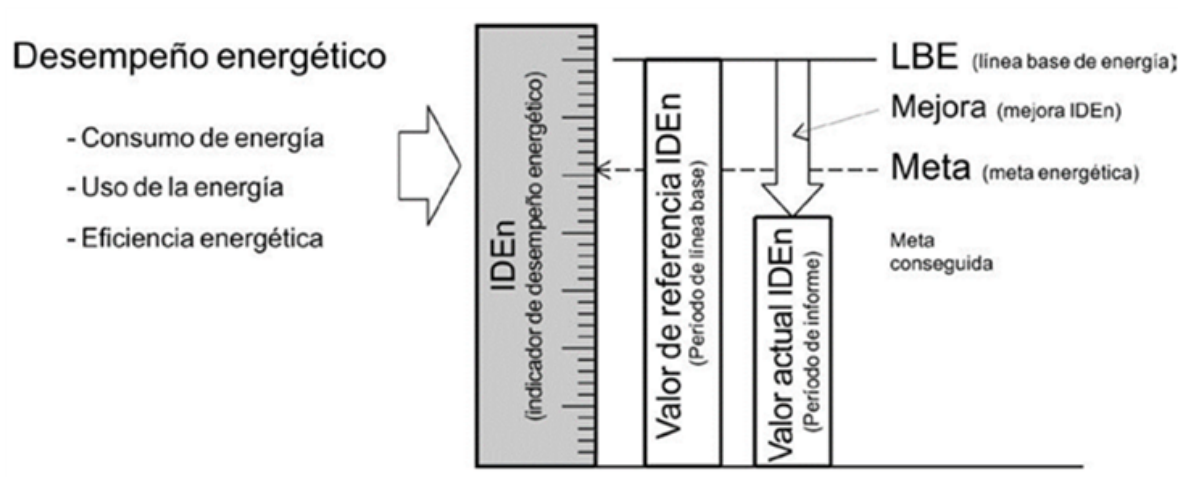


I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

ISO 50001 | IDEn y LBE

- △ Las LBEs son referencias cuantitativas utilizadas para comparar los valores de los IDEn en el tiempo y para cuantificar los cambios en el desempeño energético.
- △ Cuantificar el consumo de energía es esencial para medir el desempeño energético y las mejoras de desempeño energético.

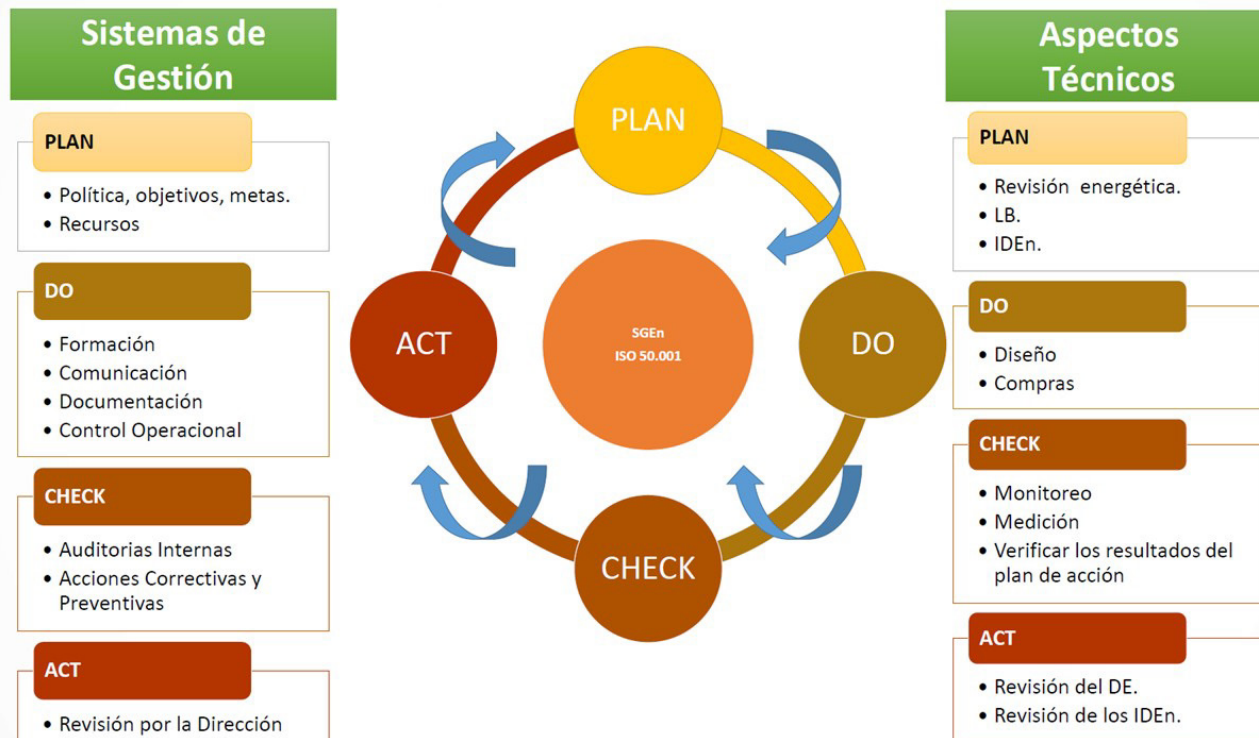




I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

ISO 50001 | Requisitos PDCA

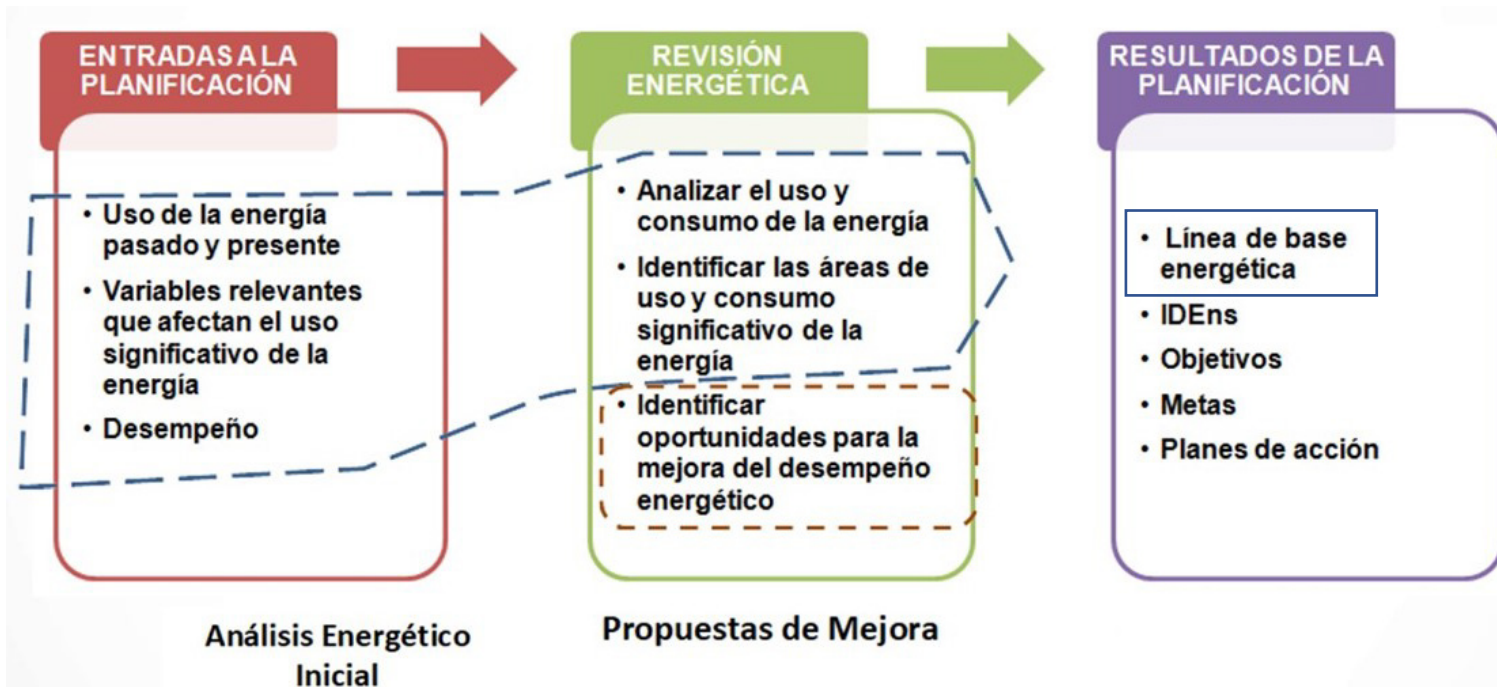




I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

ISO 50001 | Planificación Energética





I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Diagnóstico de los Recursos Energéticos

RESULTADOS DE LA PLANIFICACIÓN

- Línea de base energética
- IDEs
- Objetivos
- Metas
- Planes de acción

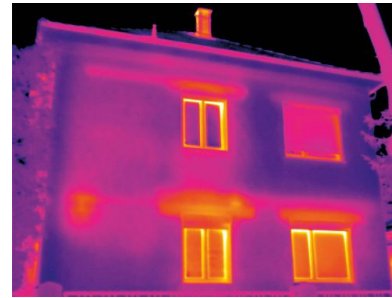
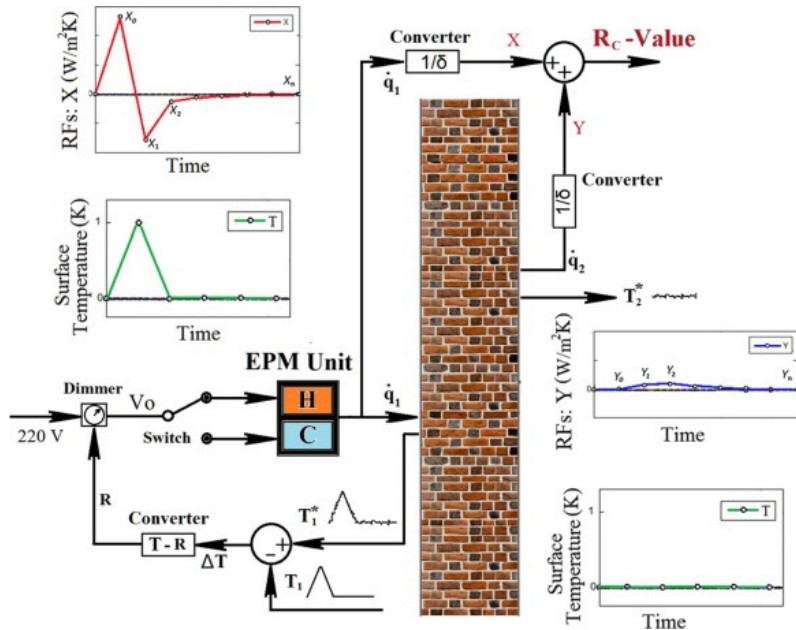
Diagnóstico de los Recursos Energéticos



I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Diagnóstico de los Recursos Energéticos





I – Introducción | Gestión Energética

Gestión de la Energía y Eficiencia

Diagnóstico de los Recursos Energéticos

- Δ Recolección de datos (Equipos, consumos (térmicos y eléctricos), producción)
- Δ Análisis de los programas de Producción y Mantenimiento (identificar cualquier problema de operación y mantenimiento, que pudiera afectar en el rendimiento de los equipos).
- Δ Inspección de Planta.
- Δ Identificación de Indicadores de Desempeño Energético.
- Δ Realización de Mediciones (Eléctricas, Térmicas y Gases de Combustión).
- Δ Procesamiento y análisis de datos.
- Δ Elaboración de informe.



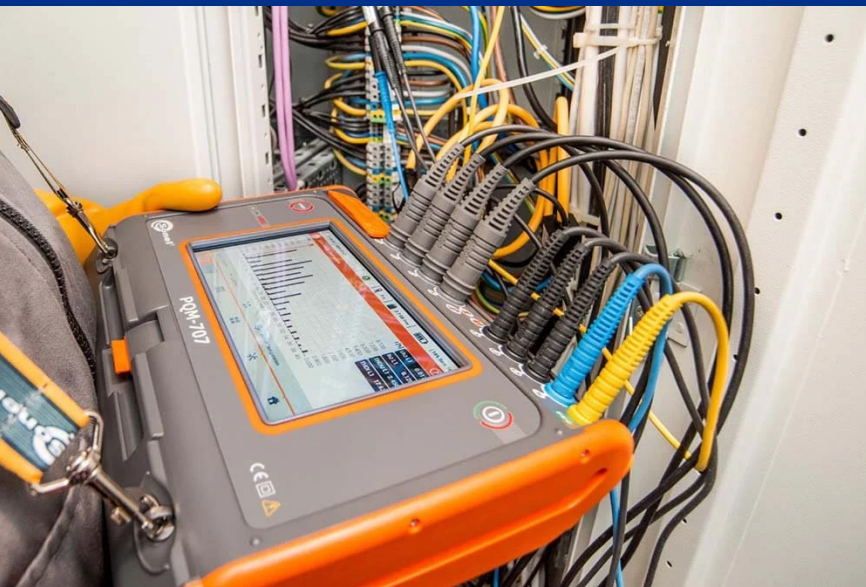


INTI

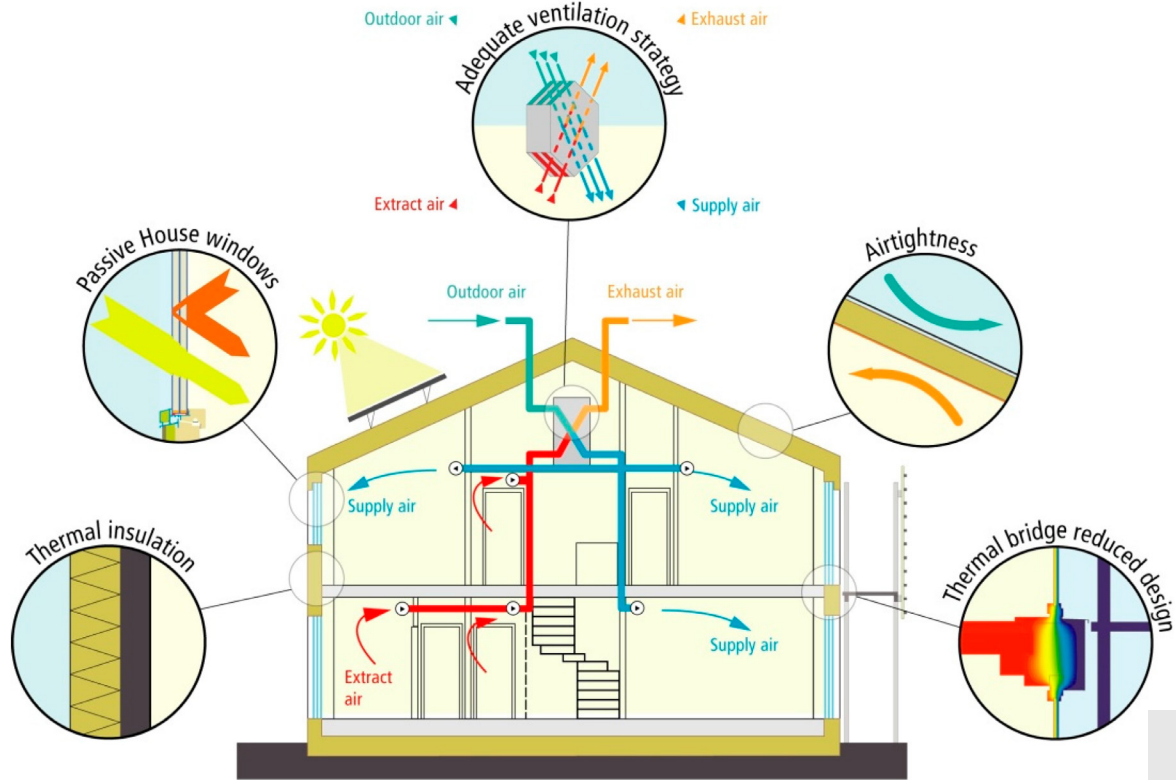
Instituto Nacional
de Tecnología Industrial



II – Instrumentación y Medición



¿Para qué, por qué y con qué medimos?





¿Para qué y por qué medimos?

1.

COMPRENSIÓN DEL MUNDO FÍSICO

La medición nos permite cuantificar las propiedades y el comportamiento de los sistemas físicos.

Desde la masa y la longitud hasta la temperatura y la carga eléctrica, las mediciones nos brindan datos objetivos que sustentan nuestras teorías y modelos científicos.





¿Para qué y por qué medimos?

2.

REPRODUCIBILIDAD Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

La medición nos permite comparar resultados de diferentes experimentos, independientemente de quién los haya realizado, dónde y cuándo.

Esto es crucial para el progreso científico, ya que permite verificar y refinar nuestras teorías.





¿Para qué y por qué medimos?

3.

CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS

En el ámbito industrial y tecnológico, la medición es fundamental para controlar y optimizar procesos.

Desde la fabricación de productos hasta la generación de energía, las mediciones precisas garantizan la calidad y eficiencia.





¿Para qué y por qué medimos?

4.

EVALUACIÓN DE RIESGOS Y TOMA DE DECISIONES

En áreas como la seguridad y el medio ambiente, la medición es esencial para evaluar riesgos y tomar decisiones informadas.

Por ejemplo, la medición de la contaminación del aire o la radiación nos permite tomar medidas para proteger la salud pública.





¿Para qué y por qué medimos?

5.

DESARROLLO TECNOLÓGICO

La innovación tecnológica depende en gran medida de mediciones precisas y confiables.

Desde el diseño de nuevos materiales hasta el desarrollo de dispositivos electrónicos, las mediciones son claves para evaluar el rendimiento y la viabilidad de las nuevas tecnologías.





¿Para qué y por qué medimos?

6.

CUANTIFICAR LA INCERTIDUMBRE

La expresión de Incertidumbres nos proporciona un marco para evaluar y cuantificar la incertidumbre en las mediciones, lo que es crucial para la confiabilidad de los resultados.

Datos independientes de opiniones o interpretaciones subjetivas.



II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física



¿Qué es la INCERTIDUMBRE?

INCERTIDUMBRE

Significa *duda*. Así, en su sentido más amplio, “*incertidumbre de medida*” **significa duda sobre la validez del resultado de una medición.**

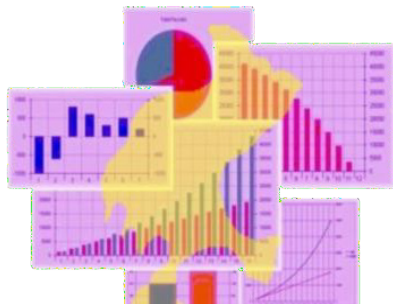
- Δ A la hora de expresar el resultado de una medición de una magnitud física, es obligado dar alguna indicación cuantitativa de la calidad del resultado, de forma que quienes utilizan dicho resultado puedan evaluar su idoneidad.
- Δ Sin dicha indicación, las mediciones no pueden compararse entre sí, ni con otros valores de referencia dados en especificaciones o normas.



II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física

Por ello es necesario establecer un procedimiento fácilmente comprensible y aceptado universalmente para caracterizar la calidad del resultado de una medición; esto es, para evaluar y expresar su incertidumbre.



ESTADÍSTICA
“Ciencia de los datos”

METROLOGÍA
“Ciencia de las mediciones”





II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física

¿Qué es una MEDICIÓN?

MEDICIÓN

El objetivo de una **medición** es determinar el **valor** del **mensurando**; esto es, el valor de la **magnitud particular** bajo medición. Por tanto, una medición comienza con una adecuada definición del mensurando, del **método de medida** y del **procedimiento de medida**.

- Δ En general, el **resultado de una medición** es sólo una aproximación o **estimación** del valor del mensurando, y únicamente se halla completo cuando está acompañado de una declaración acerca de la **incertidumbre** de dicha estimación.



II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física

EJEMPLO

Si la longitud de una barra de acero de valor nominal un metro debe determinarse con exactitud **micrométrica**, su especificación debe **incluir** la **temperatura** y la **presión** a las que se **define la longitud**.

Así, el mensurando debe especificarse, por ejemplo, como la longitud de la barra a 25,00 °C y a 101.325 Pa (más cualquier otro parámetro que se considere necesario, como la forma en que la barra debe estar apoyada).

No obstante, si la longitud va a determinarse únicamente con exactitud milimétrica, su especificación no requerirá definir una temperatura o una presión, ni el valor de ningún otro parámetro.





II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física

GUM 2008

La **Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición**, abreviada como GUM, se considera la norma mundialmente aceptada para la **evaluación y especificación de las incertidumbres de medición** y ha sido adoptada por varias organizaciones internacionales.

La GUM sigue el enfoque de declarar cada resultado de medición como la mejor estimación de un mensurando con la incertidumbre de medición asociada.

El método GUM proporciona un **procedimiento de evaluación claramente definido** para realizar la descripción de la tarea de medición y los rangos de variabilidad de las magnitudes relevantes **utilizando distribuciones de probabilidad y ecuaciones de modelos.**



II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física

Sobre el método para evaluar y expresar la incertidumbre del resultado de una medición debe ser:

UNIVERSAL el método debe ser aplicable a toda clase de mediciones y a todo tipo de datos de entrada empleados en mediciones.

Sobre magnitud utilizada para expresar la incertidumbre debe ser:

- Δ **CONSISTENTE INTERNAMENTE:** debe poder obtenerse directamente a partir de las componentes que contribuyen a ella, así como ser independiente de como estén agrupadas dichas componentes y de la descomposición de sus componentes en subcomponentes.
- Δ **TRANSFERIBLE:** debe ser posible utilizar directamente la incertidumbre obtenida para un resultado, como componente en la evaluación de la incertidumbre de otra medición en la que intervenga ese primer resultado.



II – Instrumentación y Medición

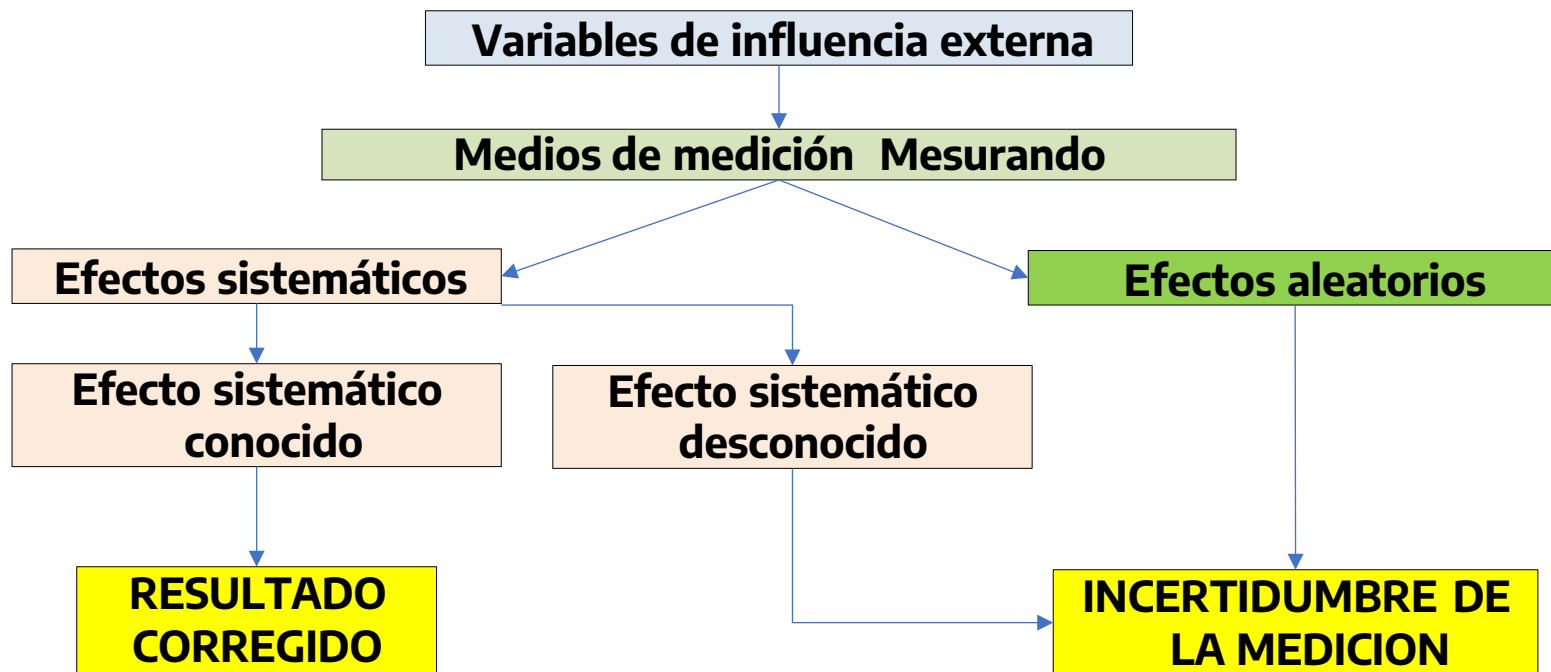
Introducción a la incertidumbre física

ALGUNOS TERMINOS ESPECÍFICOS

- △ **Incertidumbre típica:** incertidumbre del resultado de una medición, expresada en forma de desviación típica.
- △ **Evaluación Tipo A (de incertidumbre):** método de evaluación de la incertidumbre mediante análisis estadístico de series de observaciones.
- △ **Evaluación Tipo B (de incertidumbre):** método de evaluación de la incertidumbre por medios distintos al análisis estadístico de series de observaciones.
- △ **Incertidumbre típica combinada:** incertidumbre típica del resultado de una medición, cuando el resultado se obtiene a partir de los valores de otras magnitudes, igual a la raíz cuadrada positiva de una suma de términos, siendo éstos las varianzas o covarianzas de esas otras magnitudes, ponderadas en función de la variación del resultado de medida con la variación de dichas magnitudes.
- △ **Incertidumbre expandida:** magnitud que define un intervalo en torno al resultado de una medición, y en el que se espera encontrar una fracción importante de la distribución de valores que podrían ser atribuidos razonablemente al mensurando.

II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física





II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física

En la práctica existen numerosas fuentes posibles de incertidumbre en una medición, entre ellas

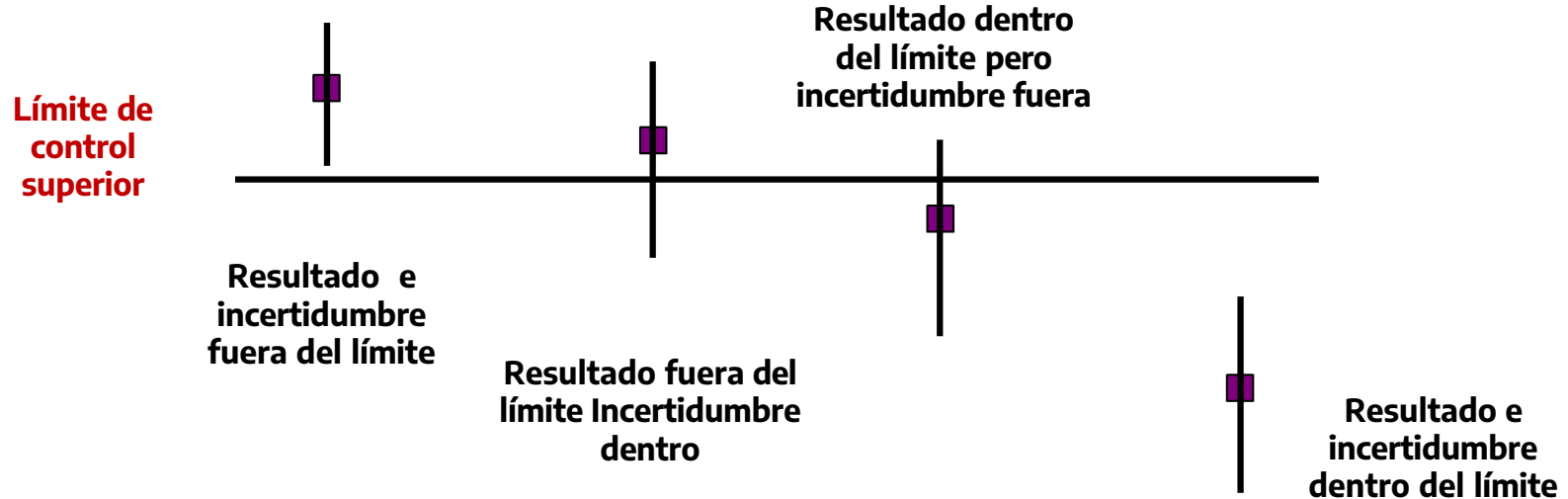
- Δ definición incompleta del mensurando;
- Δ realización imperfecta de la definición del mensurando;
- Δ muestra no representativa del mensurando, la muestra analizada puede no representar al mensurando definido;
- Δ conocimiento incompleto de los efectos de las condiciones ambientales sobre la medición, o medición imperfecta de dichas condiciones ambientales;
- Δ lectura sesgada de instrumentos analógicos, por parte del técnico;
- Δ resolución finita del instrumento de medida o umbral de discriminación;
- Δ valores inexactos de los patrones de medida o de los materiales de referencia;
- Δ valores inexactos de constantes y otros parámetros tomados de fuentes externas y utilizados en el algoritmo de tratamiento de los datos;
- Δ aproximaciones e hipótesis establecidas en el método y en el procedimiento de medida;
- Δ variaciones en las observaciones repetidas del mensurando, en condiciones aparentemente idénticas..

II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física



Incertidumbre de medición y cumplimiento de las especificaciones



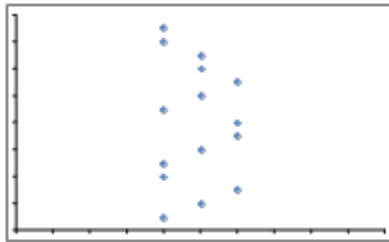
II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física

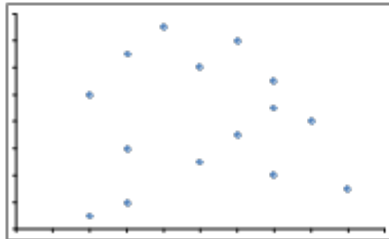


Repetibilidad (Precisión) vs. Exactitud (Accuracy)

Caracteriza la *dispersión* de valores



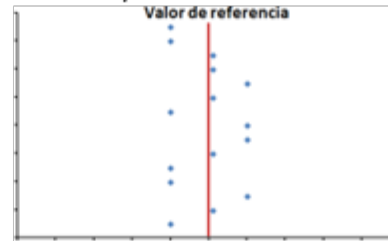
Baja dispersión = Alta Repetibilidad



Alta dispersión = Baja Repetibilidad

Ecuación:
$$s(x_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Caracteriza la *diferencia* entre los valores y un valor de referencia.



Poca diferencia = Gran Exactitud



Gran diferencia = Poca Exactitud

Ecuación:
$$E = V_{medido} - V_{referencia}$$

II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física



RESULTADOS PRECISOS PERO NO JUSTOS



Promedio

Objetivo



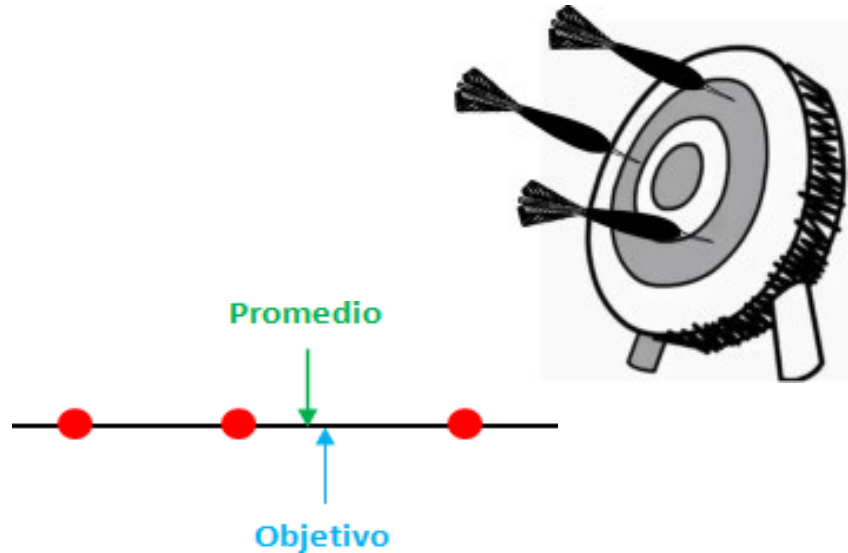
¡No hay exactitud!

II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física



RESULTADOS JUSTOS PERO NO PRECISOS



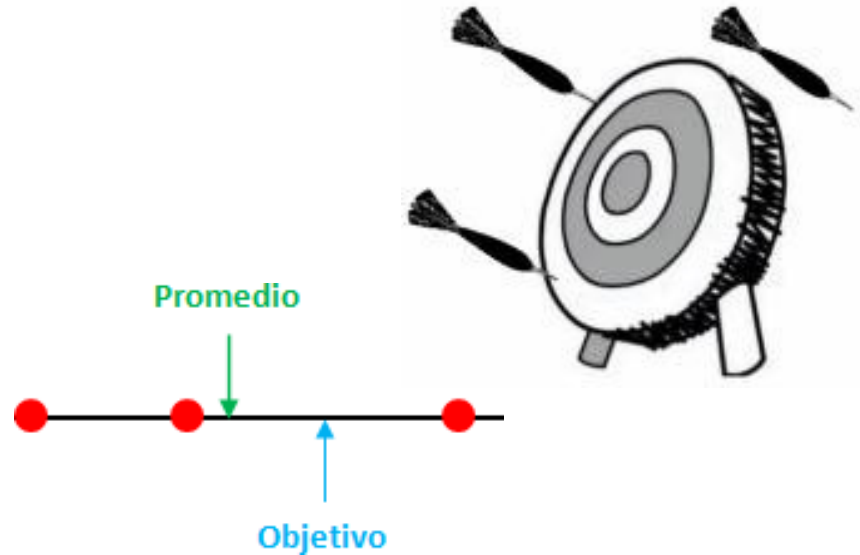
¡No hay exactitud!

II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física



RESULTADOS NI JUSTOS NI PRECISOS



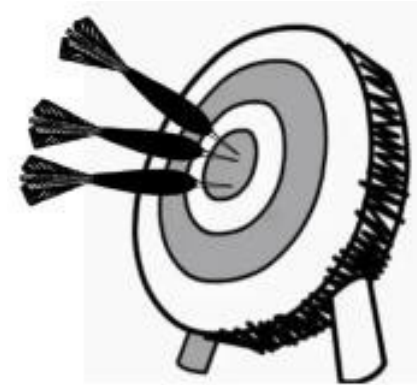
¡No hay exactitud!

II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física



RESULTADOS JUSTOS Y PRECISOS



¡Hay exactitud!

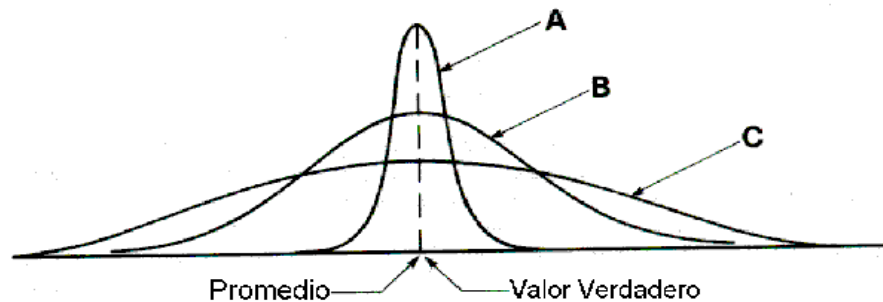


II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física

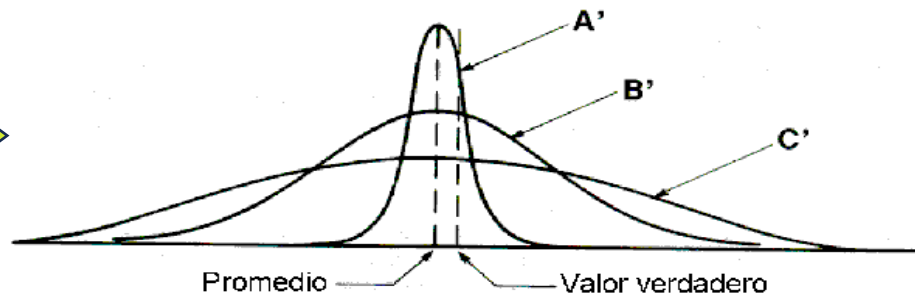
SIN ERROR

En el proceso de
medición



CON ERROR

En el proceso de
medición





II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física

ERROR ESTADÍSTICO

Surge por *variaciones impredecibles* en las cantidades que influyen en la medición. El efecto de tal variación, denominada variación al azar, da lugar a variaciones en sucesivas mediciones del mesurando.

△ Este error no puede compensarse por correcciones pero puede disminuirse incrementando el número de mediciones.



II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física

ERROR SISTEMÁTICO

Se define como un **componente del error** que, en el transcurso de un cierto número de análisis del **mismo mesurando**, **se mantiene constante** o varía de modo predecible..

- △ **Es independiente del número de mediciones y no puede reducirse incrementando el número de mediciones bajo las mismas condiciones de medición.**
- △ **Puede estar originado en un defecto del instrumento, en una particularidad del operador o del proceso de medición, etc.**



II – Instrumentación y Medición

Introducción a la incertidumbre física

Evaluación de incertidumbre según documento JCGM 100

- 1º Paso:** Definir el Mesurando.
- 2º Paso:** Modelo Matemático.
- 3º Paso:** Identificar Fuentes de incertidumbre.
- 4º Paso:** Evaluación de tipo, asociar distribución Y Cuantificación.
- 5º Paso:** Reducción.
- 6º Paso:** Coeficientes de Sensibilidad.
- 7º Paso:** Incertidumbre combinada sin correlación y con correlación.
- 8º Paso:** Factor de cobertura y Grados de Libertad.
- 9º Paso:** Incertidumbre Expandida.

MUCHAS GRACIAS

-  INTIArg
-  @INTIargentina
-  INTI
-  @intiargentina
-  canalinti



INTI

Instituto Nacional
de Tecnología Industrial



Ministerio de Economía
Argentina

Secretaría de Industria
y Desarrollo Productivo