

GESTIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR INDUSTRIAL

Tesis de Maestría en Gestión Empresarial

Maestrando: Ing. Ezequiel Matías Machain

Director: Mtr. Roque Stagnitta



Universidad Nacional de Rosario



Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura



Escuela de Posgrado y Educación Continua



Gran parte de la **contaminación ambiental** es causada por la fabricación de productos.



Importancia y la necesidad de implementar **sistemas de eficiencia energética** dentro de las industrias manufactureras.



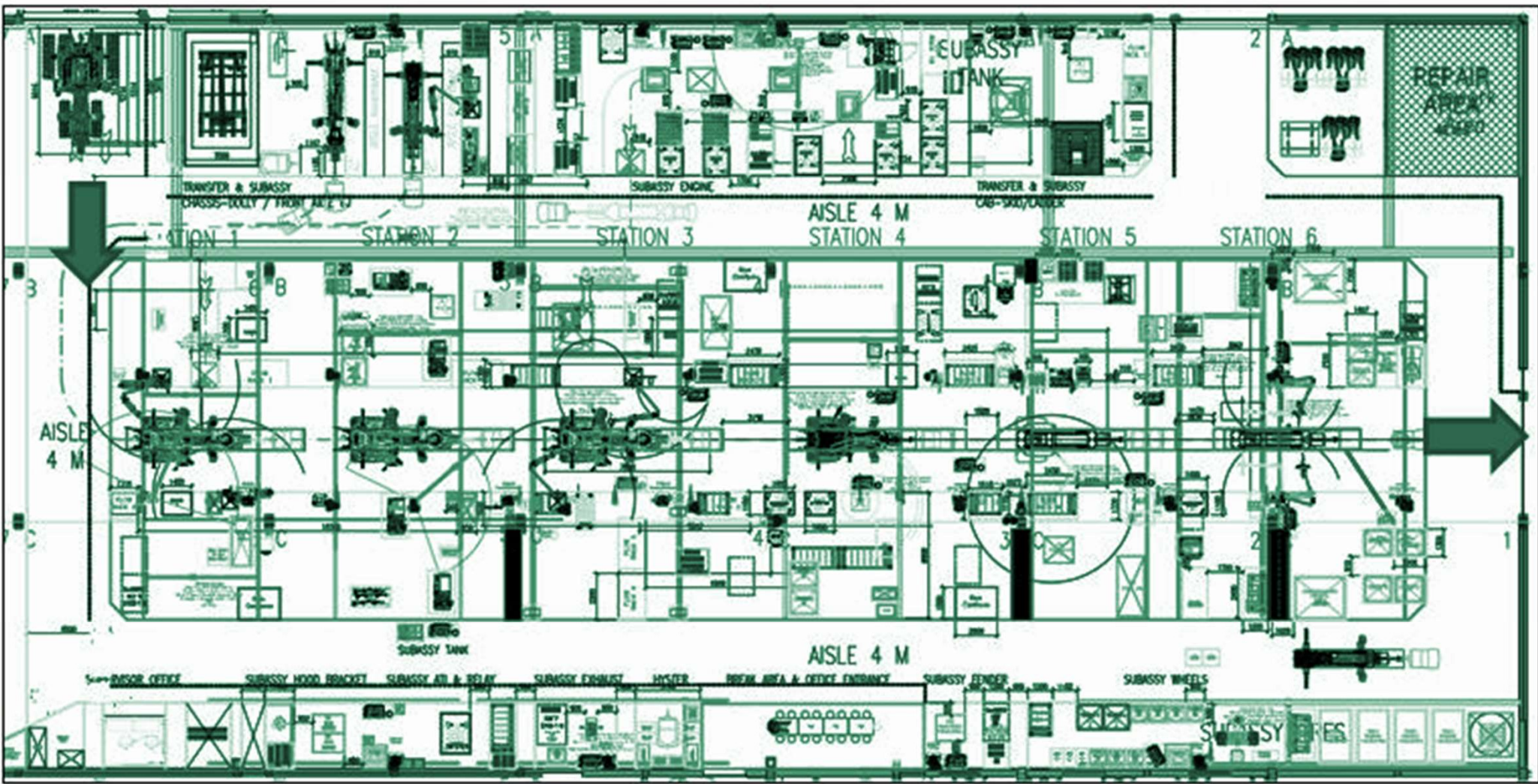
Estudio de caso real: **línea de ensamble de tractores** en una industria de maquinaria agrícola.

Problema de investigación

- ¿Cuáles son las ventajas ambientales, sociales y económicas de lograr eficiencia energética?
- ¿Cuáles son los focos energéticos desaprovechados?
- ¿Cuáles son las posibilidades de aplicar acciones para lograr eficiencia de los consumos energéticos y cuáles son de mayor beneficio económico?

Delimitación de la investigación

La planta está ubicada en la ciudad de Granadero Baigorria, departamento Rosario, provincia de Santa Fe, Argentina. El estudio se realizó durante el año calendario 2018-2019.





A Venn diagram illustrating the three pillars of Sustainable Development. It consists of three overlapping circles: a top circle labeled 'Ambiental', a bottom-left circle labeled 'Social', and a bottom-right circle labeled 'Económico'. The central area where all three circles overlap is labeled 'Desarrollo Sostenible'. The background features a faint, stylized illustration of a globe with green elements representing nature, wind turbines, and solar panels.

Ambiental

**Desarrollo
Sostenible**

Social

Económico

Ambiental

Social

Económico

Mejora en salud y bienestar

Concientización

Crecimiento económico



Sistema de Gestión

Implementación de un sistema de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001



Acciones

- Políticas de concientización
- Uso de indicadores de eficiencia energética
- Proyectos de iluminación de bajo consumo
- Mejora de métodos de operación de procesos industriales
- Utilización de temporizadores en equipos
- Compresores y motores eléctricos eficientes

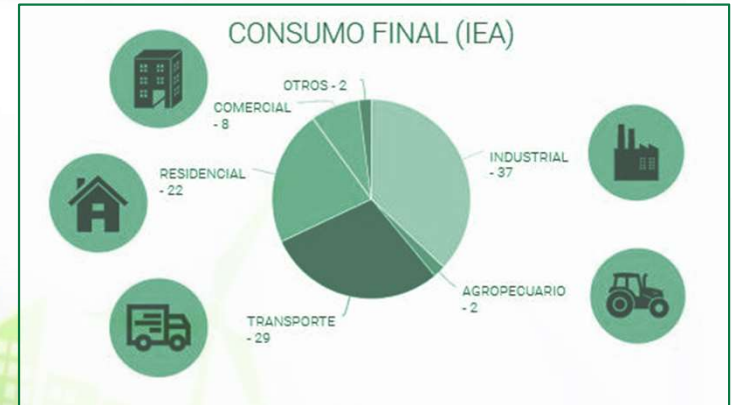
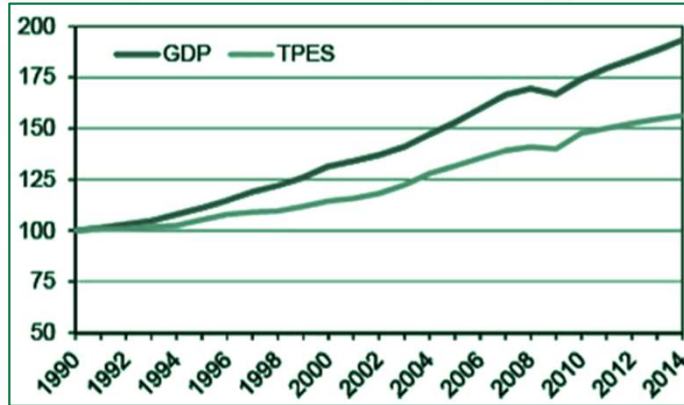


Resultados

Genera beneficios ambientales, sociales y económicos que son apreciables para la empresa en estudio.

Objetivo general: Realizar un diagnóstico energético inicial y desarrollar los lineamientos preliminares para la implementación de un sistema de gestión de energía basado en ISO 50001.

01	Relevar los consumos energéticos y emisiones de CO2	<ul style="list-style-type: none">• KWh• KgCO₂
02	Definir y calcular indicadores para lograr medir estos consumos y ponderar los mismos.	<ul style="list-style-type: none">• KgCO₂eq / KWh• \$ / KWh
03	Relevar cultura de conocimiento en ahorro energético y sistemas de gestión de la energía.	<ul style="list-style-type: none">• % de conocimiento
04	Formular propuestas para lograr eficiencia energética y ponderar costo de implementación de estas acciones.	<ul style="list-style-type: none">• USD• \$
05	Determinar la reducción del consumo energético y estimar retorno a la inversión de las mejoras propuestas. (Propuesta: lograr reducción del 20% de ahorro energético del vector de mayor incidencia en el 1° año.)	<ul style="list-style-type: none">• KWh• KgCO₂eq / KWh• TIR

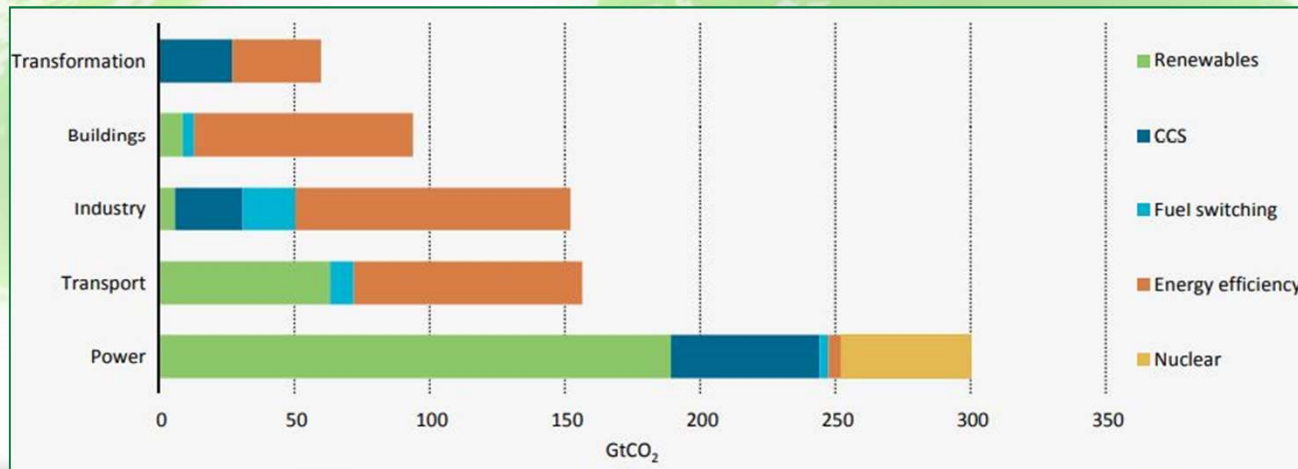


1990

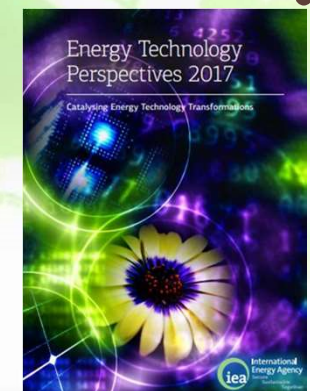
2014

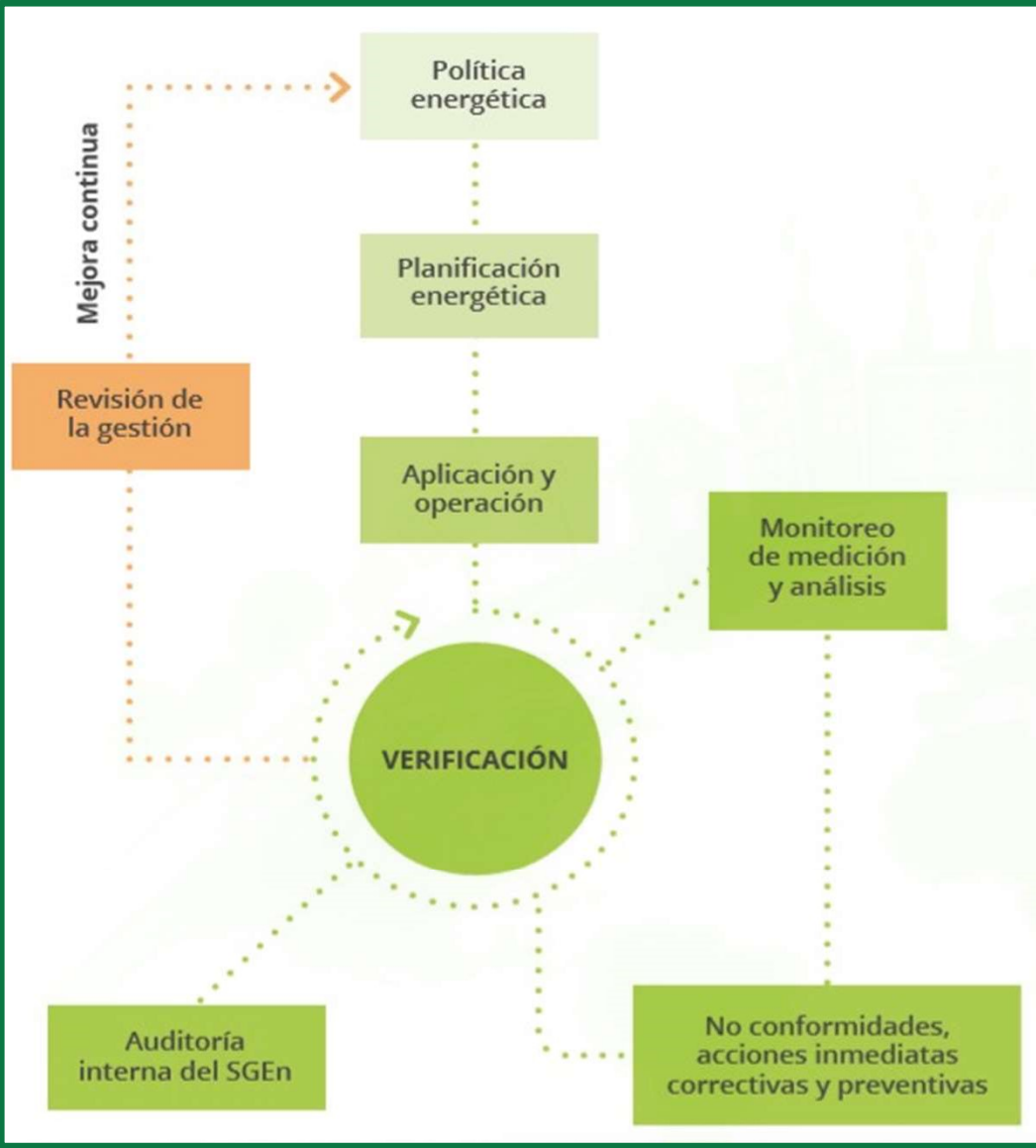
Fuente energética	Factor de emisión	Unidad	Fuente bibliográfica
Energía eléctrica	0,486	KgCO ₂ eq /KWh	Ministerio de Energía y Minería de la Nación. http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311 (versión 2015 del 02/11/2016)

1987



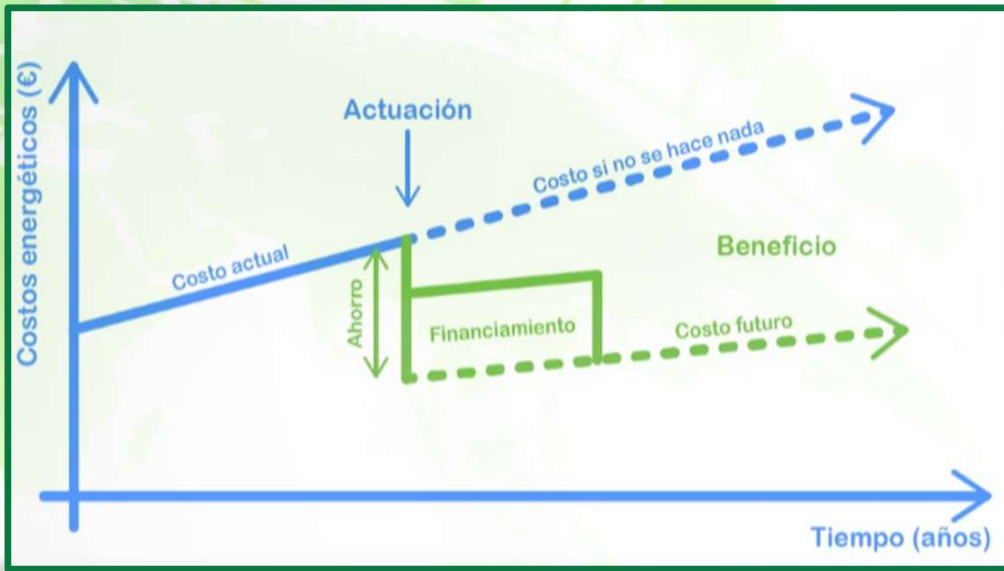
2017





USOS Y CONSUMOS ENERGÉTICOS (MATRIZ)

Revisión Energética	Consumo y tipo de energía	“Cantidades” (MWh, TOE, etc.)
	Variables que afectan al consumo	Identificación (estacionalidad, tipo de MMPP)
	Uso de la energía	“Para qué” (iluminación, calefacción, etc.)
	Capacidad de GESTIONAR	Responsabilidad
	Medición	Confiable, representativa



1	OBJETO DE ESTUDIO	Línea de ensamble de tractores de una empresa de fabricación de maquinaria agrícola.
2	METODOLOGÍA	Es una investigación mixta aplicando un estudio de caso en el que se utiliza metodología cualitativa y cuantitativa.
3	TÉCNICAS UTILIZADAS	Consulta bibliográfica, observaciones, encuestas, experimentaciones y notas de campo.
4	TIPO DE ESTUDIO	Estudio descriptivo. Los conocimientos, análisis y conclusiones de este proyecto podrán ser utilizados por otros investigadores.
5	ELECCIÓN DE LA MUESTRA	Línea de ensamble de tractores: empleados y gran variedad de equipos eléctricos, máquinas, puentes de izaje, prensas, elevadores hidráulicos, calefacción e iluminación.



Analizar el uso y consumo de la energía e investigar oportunidades

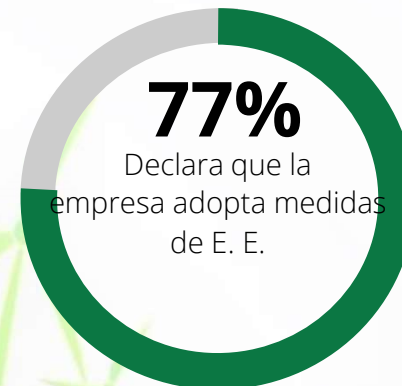


Hacer un plan y desarrollar una política energética basada en directrices energéticas



Implantar el sistema de gestión energética y monitorizar regularmente los indicadores de desarrollo

		Nombre	Duración	Inicio	Predecesores
1		Investigación y Desarrollo	67 days	11/06/18 08:00	
2		Lectura y estudio de norma ISO 50001	5 days	11/06/18 08:00	
3		Tormenta de ideas	5 days	18/06/18 08:00	2
4		Espina de pescado	3 days	25/06/18 08:00	3
5		Desarrollo de encuestas	5 days	28/06/18 08:00	3;4
6		Desarrollo de planillas para relevamientos	5 days	28/06/18 08:00	3;4
7		Encuesta a ingenieros	7 days	05/07/18 08:00	5
8		Relevamiento de equipos	7 days	16/07/18 08:00	7
9		Relevamiento de vehículos	7 days	25/07/18 08:00	8
10		Búsqueda y relevamiento de datos de consumo eléctrico	7 days	03/08/18 08:00	9
11		Búsqueda y relevamiento de datos de consumo de gas	7 days	14/08/18 08:00	10
12		Búsqueda y relevamiento de datos de emisión de CO2	7 days	23/08/18 08:00	11
13		Búsqueda y relevamiento de datos de costo de energía	7 days	03/09/18 08:00	12
14		Análisis y Diseño de Indicadores	38 days	12/09/18 08:00	
15		Realizar análisis de los datos obtenidos en las búsquedas y relevamientos	14 days	12/09/18 08:00	8;9;10;11;12;13
16		Definir los objetivos, metas y planes de acción de la industria	5 days	02/10/18 08:00	15
17		Desarrollo de fórmulas e indicadores según los objetivos definidos	5 days	09/10/18 08:00	16
18		Generación de informes de indicadores	14 days	16/10/18 08:00	17
19		Opciones de inversión	34 days	05/11/18 08:00	
20		Búsqueda de equipos y máquinas más eficientes	7 days	05/11/18 08:00	18
21		Búsqueda de sus especificaciones y sus costos	21 days	14/11/18 08:00	20
22		Realización de matriz de decisión	1 day	13/12/18 08:00	20;21
23		Realizar análisis financiero	5 days	14/12/18 08:00	22
24		Análisis de resultados y toma de decisiones	90 days	21/12/18 08:00	
25		Plan de ejecución	30 days	21/12/18 08:00	23
26		Plan de monitoreo y verificación	60 days	01/02/19 08:00	25



RELEVAMIENTO:

Propuesta:

- Relevar datos de consumos en los principales equipos de la línea en estudio.

Consumo año base (2018):

- 598948,96 KWh
- 94068 Nm³

Objetivo:

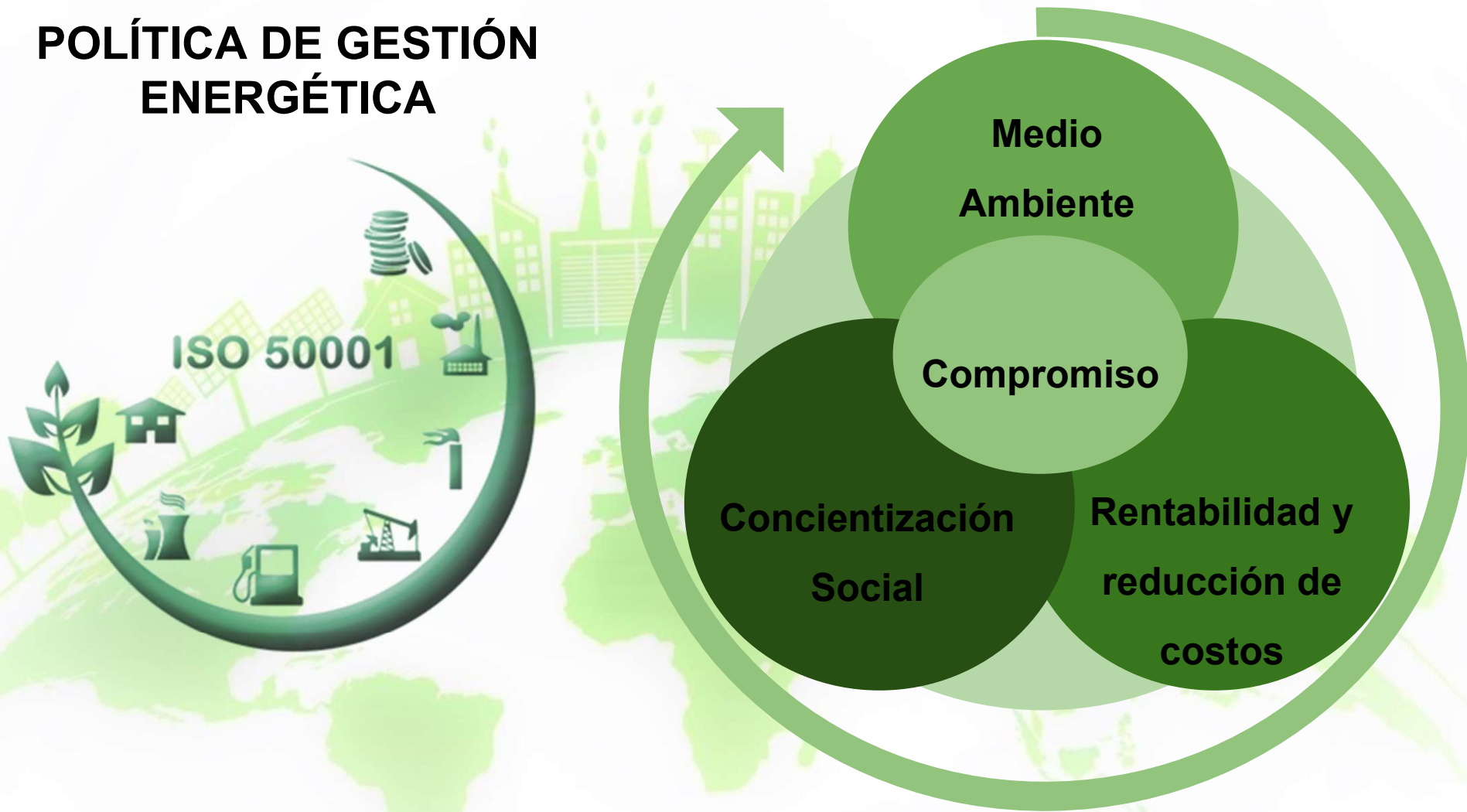
- Lograr una reducción del 20% en el vector de mayor consumo de la línea en el primer año.

Descripción del proceso o los procesos				Energía eléctrica					
Linea de ensamble de Tractores. Utilización de compresor, prensas, puentes de izaje, torquedoras electrónicas, plataformas hidráulicas, iluminación y tubos radiantes.				Tipo de consumidor de energía eléctrica	GRANDES	Unidad	kWh		
				Consumo de energía eléctrica en año base [KWh/año]	598948,96	Costo total anual [USD]	90800,662		
				Costo unitario de energía eléctrica [USD/KWh]	0,1516				
				Costo marginal de energía eléctrica	75,66721861				
				Costo total anual [USD]	90800,66234				
				% sobre los costos energéticos totales				87%	
				Gas natural					
				Tipo de consumidor de gas natural	GRANDES	Unidad	Nm ³		
				Consumo de gas natural en año base [Nm ³ /año]	94068	Costo total anual [USD]	14072,573		
				Costo unitario de gas natural [USD/Nm ³]	0,1496				
				Costo marginal de gas natural	11,727144				
				Costo total anual [USD]	14072,5728				
				% sobre los costos energéticos totales				13%	

Energía eléctrica					Unidad		kWh	
Equipos principales	Potencia nominal total [kW]	Cantidad	Uso de los equipos	Factor de carga	Horas en servicio / año	Rendimiento neto	Energía secundaria total consumida [kWh/año]	Energía útil consumida [kWh/año]
COMPRESOR	150	1	Fuerza Motriz (general)	0,33	8400	0,75	415800	311850
LUMINARIAS	0,16	36	Iluminación	0,95	4400	0,95	24076,8	22872,96
PUENTE 5 TON	6	2	Fuerza Motriz (general)	0,88	260	0,9	2745,6	2471,04
PUENTE 2 TON	4	3	Fuerza Motriz (general)	0,77	260	0,9	2402,4	2162,16
PUENTE 1 TON	1,4	4	Fuerza Motriz (general)	0,81	260	0,9	1179,36	1061,424
PLATAFORMA ELEVADORA DE TRACTORES	8	1	Fuerza Motriz (general)	0,53	260	0,7	1102,4	771,68
SERVO PRENSA 10 TON	6	1	Fuerza Motriz (general)	0,6	130	0,7	468	327,6
CARGADOR DE BATERÍAS	0,03	8	Transporte Interno	0,83	260	0,9	51,792	46,6128
SOLDADORA	80	1	Otros Usos	0,23	130	0,3	2392	717,6
LLENADO DE FLUIDOS	2,1	1	Otros Usos	0,7	650	0,8	955,5	764,4

Gas natural					Unidad		Nm ³	
Equipos principales	Potencia nominal total [Nm ³ /h]	Cantidad	Uso de los equipos	Factor de carga	Horas en servicio / año	Rendimiento neto	Energía secundaria total consumida [Nm ³ /año]	Energía útil consumida [Nm ³ /año]
TUBOS RADIANTES	3,6	21	Calor Directo	1	1040	0,8	78624	62899,2

POLÍTICA DE GESTIÓN ENERGÉTICA





USAR BOMBILLAS
DE BAJO CONSUMO



APAGAR LOS APARATOS
CUANDO NO SE USAN



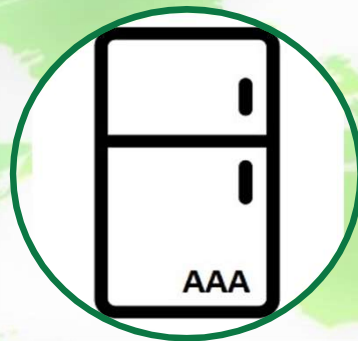
ACTIVAR MODO BAJO
CONSUMO



INSTALAR REGULADORES
DE INTENSIDAD



SELECCIONAR TV LCD
FRENTE A TV TRADICIONAL



SELECCIONAR
ELECTRODOMESTICOS
AAA



MEJORAR
AISLAMIENTOS



NO DERROCHAR
ENERGÍA

MEJORA 1:

Propuesta:

- Reemplazo de mangueras espiraladas por rectas.
- Baja en seteo de la presión.

Ahorro anual:

- 25749,96 KWh
- U\$S 3903,7

Tasa Interna de Retorno:

- Inversión = U\$S 2500
- TIR = 0,56
- Recupero = 3,93 meses

Mejora N° 1		Propuesta de mejora de reducción de consumo del sistema de compresión de aire					
Vector energético involucrado	Energía eléctrica			Unidad	KWh		
Uso involucrado	Fuerza Motriz (general)						
Descripción	Propuesta de mejora de reducción de consumo del sistema de compresión de aire reemplazando mangueras espiraladas por rectas y bajando la presión de seteo del compresor						
Datos económicos y financieros	Inversión inicial estimada [USD]		2500	Ahorro energético	Ahorro anual del vector	25750	
	Otras inversiones diferidas en el tiempo [USD]	Año asociado a la Inv. diferida	Inversión [USD]			Unidad	KWh
		Año asociado a la Inv. diferida	Inversión [USD]			% de ahorro energético sobre el vector energético	5,7%
		Año asociado a la Inv. diferida	Inversión [USD]				
		Año asociado a la Inv. diferida	Inversión [USD]				
	Costo de operación y mantenimiento anual [USD/año]	Sin mejoras	Fijo		0	Ahorro anual de energía primaria	84975
			Variable		0		
		Con mejoras	Fijo		0		
			Variable		0		
	Diferencia		0		Unidad	TEP	
	Horizonte [años]		1		% de ahorro energético sobre el consumo total de la fábrica	5,7%	
	Ahorro económico [USD/año]		3903,7				
	Tasa de descuento real en USD		0,05				
LCOE [USD/unidad de energía]		0,10					
LCOE [USD/unidad de energía primaria]		0,03					
Período recuperación simple de inversión [meses]		3,93					
TIR		0,56					

MEJORA 2:

Propuesta:

- Reemplazo de motor de compresor IE1 por IE4.

Ahorro anual:

- 10158,58 KWh
- U\$S 1539,95

Tasa Interna de Retorno:

- Inversión = U\$S 8100
- TIR = 0,14
- Recupero = 6,26 años

Mejora N° 2		Propuesta de mejora de reducción de consumo en motor eléctrico de compresor					
Vector energético involucrado	Energía eléctrica			Unidad	KWh		
Uso involucrado	Fuerza Motriz (general)						
Descripción	Propuesta de mejora de reducción de consumo en motores eléctricos en compresor: intercambio motor eléctrico IE1 por motor eficiente IE4						
Datos económicos y financieros	Inversión inicial estimada [USD]		8100	Ahorro energético	Ahorro anual del vector	10158	
	Otras inversiones diferidas en el tiempo [USD]	Año asociado a la Inv. diferida	Inversión [USD]			Unidad	KWh
		Año asociado a la Inv. diferida	Inversión [USD]			% de ahorro energético sobre el vector energético	2,3%
		Año asociado a la Inv. diferida	Inversión [USD]				
		Año asociado a la Inv. diferida	Inversión [USD]				
	Costo de operación y mantenimiento anual [USD/año]	Sin mejoras	Fijo		0	Ahorro anual de energía primaria	33521,4
			Variable		0		
		Con mejoras	Fijo		0		
			Variable		0		
	Diferencia		0		Unidad	TEP	
	Horizonte [años]		10		% de ahorro energético sobre el consumo total de la fábrica	2,3%	
	Ahorro económico [USD/año]		1539,9528				
	Tasa de descuento real en USD		0,05				
LCOE [USD/unidad de energía]		0,10					
LCOE [USD/unidad de energía primaria]		0,03					
Período recuperación simple de inversión [años]		6,26					
TIR		0,14					

MEJORA 3:

Propuesta:

- Reducción de horas de trabajo del compresor

Ahorro anual:

- 130189,5 KWh
- U\$S 19736,73

Tasa Interna de Retorno:

- Inversión = U\$S 630
- TIR = 30.33
- Recupero = 0,4 meses

Mejora N° 3		Propuesta de mejora mediante reducción de horas de trabajo del compresor					
Vector energético involucrado	Energía eléctrica			Unidad	KWh		
Uso involucrado	Fuerza Motriz (general)						
Descripción	Propuesta de mejora mediante reducción de horas de trabajo del compresor de acuerdo a los esquemas de trabajos del sector productivo.						
Datos económicos y financieros	Inversión inicial estimada [USD]		630	Ahorro energético	Ahorro anual del vector	130189,5	
	Otras inversiones diferidas en el tiempo [USD]	Año asociado a la Inv. Diferida	Inversión [USD]			Unidad	KWh
		Año asociado a la Inv. Diferida	Inversión [USD]			% de ahorro energético sobre el vector energético	29,1%
		Año asociado a la Inv. Diferida	Inversión [USD]				
		Año asociado a la Inv. Diferida	Inversión [USD]				
	Costo de operación y mantenimiento anual [USD/año]	Sin mejoras	Fijo		0	Ahorro anual de energía primaria	429625,35
			Variable		0		
		Con mejoras	Fijo		0		
			Variable		0		
	Diferencia		0		Unidad	TEP	
	Horizonte [años]		1		% de ahorro energético sobre el consumo total de la fábrica	29,1%	
	Ahorro económico [USD/año]		19736,7282				
	Tasa de descuento real en USD		0,05				
LCOE [USD/unidad de energía]		0,01					
LCOE [USD/unidad de energía primaria]		0,00					
Periodo recuperación simple de inversión [meses]		0,40					
TR		30,33					

MEJORA 4:

Propuesta:

- Reducción de cantidad de luminarias de la nave industrial.

Ahorro anual:

- 10700,8 KWh
- U\$S 1622,124

Tasa Interna de Retorno:

- Inversión = U\$S 1700
- TIR = 0,56
- Recupero = 13,26 meses

Mejora N° 4		Propuesta de mejora de reducción de consumo de iluminación de la nave industrial					
Vector energético involucrado	Energía eléctrica			Unidad	KWh		
Uso involucrado	Iluminación						
Descripción	Propuesta de mejora de reducción de consumo de iluminación de la nave industrial eliminando equipos excedentes de acuerdo a la normativa vigente.						
Datos económicos y financieros	Inversión inicial estimada [USD]		1700	Ahorro energético	Ahorro anual del vector	10700,8	
	Otras inversiones diferidas en el tiempo [USD]	Año asociado a la Inv. Diferida			0	Unidad	KWh
		Año asociado a la Inv. Diferida			0	% de ahorro energético sobre el vector energético	2,4%
		Año asociado a la Inv. Diferida			0		
		Año asociado a la Inv. Diferida			0		
	Costo de operación y mantenimiento anual [USD/año]	Sin mejoras	Fijo		0	Ahorro anual de energía primaria	35312,64
			Variable		0		
		Con mejoras	Fijo		0		
			Variable		0		
	Diferencia		0		Unidad	TEP	
	Horizonte [años]		2		% de ahorro energético sobre el consumo total de la fábrica	2,4%	
	Ahorro económico [USD/año]		1622,24128				
	Tasa de descuento real en USD		0,05				
LCOE [USD/unidad de energía]		0,09					
LCOE [USD/unidad de energía primaria]		0,03					
Período recuperación simple de inversión [meses]		13,26					
TIR		0,56					

RESULTADOS:

Propuesta:

- Implementar mejoras 3, 1 y 4.

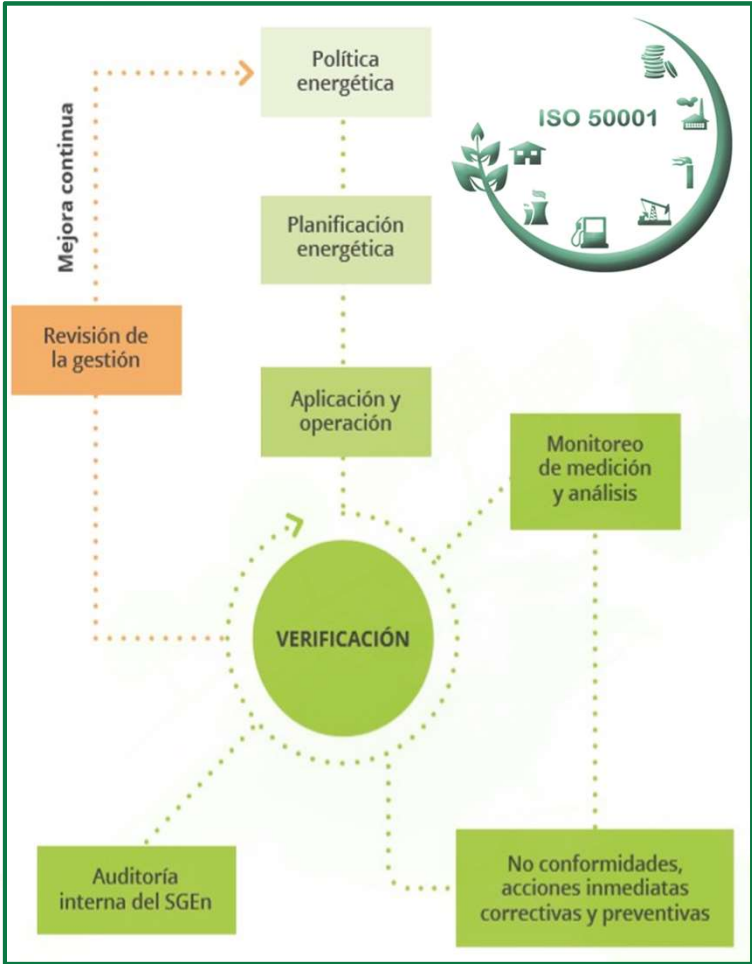
Ahorro anual en 1er año:

- 186.723 KWh
- U\$S 28.307,2

Reducción:

- **31,17 %** en el vector energético de mayor consumo sobre el consumo total de fábrica.
- **90.859 Kg CO₂eq** en emisiones a la atmósfera.

Resumen ejecutivo de las mejoras											
Nombre Mejora	Mejora N°	Vector energético	Uso	Consumo		Unidad	Inversión inicial estimada [USD]	LCOE [USD/ unidad de energía]	LCOE [USD/u. de energía primaria]	TIR	Período recup. simple de la inversión [meses]
				Antes	Después						
Propuesta de mejora de reducción de consumo del sistema de compresión de aire	1	Energía eléctrica	Fuerza Motriz (general)	423698	397947,76	KWh	2500	0,1019417	0,0308914	0,5615	3,93073238
Propuesta de mejora de reducción de consumo en motor eléctrico de compresor	2	Energía eléctrica	Fuerza Motriz (general)	423698	413539,76	KWh	8100	0,1032671	0,0312931	0,1379	75,1104136
Propuesta de mejora mediante reducción de horas de trabajo del compresor	3	Energía eléctrica	Fuerza Motriz (general)	423698	293508,26	KWh	630	0,0050811	0,0015397	30,328	0,40219432
Propuesta de mejora de reducción de consumo de iluminación de la nave industrial	4	Energía eléctrica	Iluminación	24076,8	13376	KWh	1700	0,0854392	0,0258907	0,5643	13,2641522
Propuesta de mejora de reducción de consumo en motores eléctricos de equipos de izaje.	5	Energía eléctrica	Fuerza Motriz (general)	423698	422963,31	KWh	13900	1,5186493	0,4601968	-0,134	



Ambiental

Mejora en salud y bienestar



Reducción de **90.859 Kg CO2eq** en el primer año

Social

Concientización



Política energética y plan de comunicación y concientización

Económico

Crecimiento económico



Ahorro de **U\$S 28.307,2** en el primer año



GESTIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR INDUSTRIAL

Tesis de Maestría en Gestión Empresarial

Agradecimientos