



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica

Dr. Alejandro Ramírez Reivich

Pamela Avendaño Arenas



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería
Ingeniería Mecatrónica

Tesis: Diseño Conceptual de compresor alternativo de refrigeración doméstica

Tesista: Pamela Avendaño Arenas

Dirección: Dr. Alejandro Ramírez Reivich

Sinodales:

Ing. Alberto Fernando Liebig Frausto

Dr. Marcelo López Parra

Dr. Vicente Borja Ramírez

Dr. Jesús Manuel Dorador González

Trabajo conjunto con MABE Tecnología y Proyectos

Agradecimientos

A mi familia que me apoyó y trabajó activamente y en todo momento para la realización de este proyecto y todos los paralelos.

A todos mis amigos nacionales e internacionales que hicieron valiosas aportaciones a este trabajo escrito.

A la Universidad, Facultad y profesores que apoyaron mi desarrollo académico y me dieron las herramientas necesarias para impulsar mi carrera más allá de los límites de la Universidad y del país.

México 2014

ÍNDICE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO **1**

ÍNDICE **2**

1. INTRODUCCIÓN **5**

Resumen 5

Panorama general y antecedentes 5

Objetivos 7

Alcances 8

Hipótesis 8

2. PROCESO DE DISEÑO **10**

¿Qué es diseño? 10

¿QUÉ ES DISEÑO? 10

Visión global del diseño 11

¿Qué es una metodología de diseño y para qué sirve? 12

Análisis de diversas metodologías de diseño 12

1. Identificar oportunidad 16

2. Exploración y Análisis de información 16

Tendencia 16

Generación del concepto (Escenarios futuros) 17

Herramientas de diseño 17

3. LA METODOLOGÍA (DESARROLLO) **25**

Trabajo en equipo 25

3.1 OPORTUNIDAD 28

3.2 EXPLORACIÓN Y ANÁLISIS 34

Introducción a los conceptos básicos 38

Análisis técnico de principios tecnológicos 38

Desde el origen hasta el estado del arte: Evolución de las tecnologías 45

3.3 TENDENCIAS 52

Tendencias energéticas y de recursos 54

Recursos energéticos 54

Tendencias en Materiales y Manufactura 59

Manufactura aditiva 59

Biomimetismo 60

Materiales compuestos 61

Otras tendencias 62

3.4 ESCENARIOS FUTUROS 66

HÍBRIDO 70

HIPSTER 73

TECH 76

4. CONCLUSIONES 81

Vida Profesional 81

ANEXO 1 LÍNEAS DEL TIEMPO 84

REFERENCIAS 93

1. Introducción 93

2. Proceso de diseño 93

3. La metodología (Desarrollo) 94

3.1 Oportunidad 94

3.2 Exploración y análisis 95

3.3 Tendencias 95

4. Generación de concepto (Escenarios futuros) 97

1. INTRODUCCIÓN

“The most valued personal trait in the twenty-first century [will] be a facility for synthesizing information... The ability to decide what information to heed, what to ignore, and how to organize and communicate that which we judge to be important is becoming a core competence for those living in the developed world.” (Gardner, 2006)

1. INTRODUCCIÓN

Resumen

El presente escrito proporciona un análisis de las condiciones que debe cumplir el compresor del futuro dadas las circunstancias actuales, es la exploración previa que debe realizarse antes de emprender el diseño de una nueva tecnología.

Se presenta el resultado de la síntesis y análisis de gran cantidad de información relacionada con las tendencias y proyecciones de la tecnología en un futuro a largo plazo, además del conjunto de diferentes experiencias académicas y laborales direccionadas en un objetivo particular.

El objetivo final, la presentación de escenarios futuros, proporciona un acercamiento a los retos que debe cumplir la tecnología en los siguientes 30 años.

Panorama general y antecedentes

Este trabajo de tesis se elaboró a partir de un proyecto de vinculación entre la empresa MABE S.A. de C.V. y la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al inicio del proyecto, en el año 2012, se planteó el objetivo con el que se nombra a este trabajo escrito "Diseño conceptual de un compresor alternativo de refrigeración doméstico".

A través del tiempo y conforme al desarrollo de entregables, MABE y UNAM acotaron y renovaron los objetivos, siendo el último que se determinó, el análisis de tendencias y proyecciones tecnológicas, todo ello con el objeto de crear una mirada al futuro que ofrece dirección a próximas investigaciones.

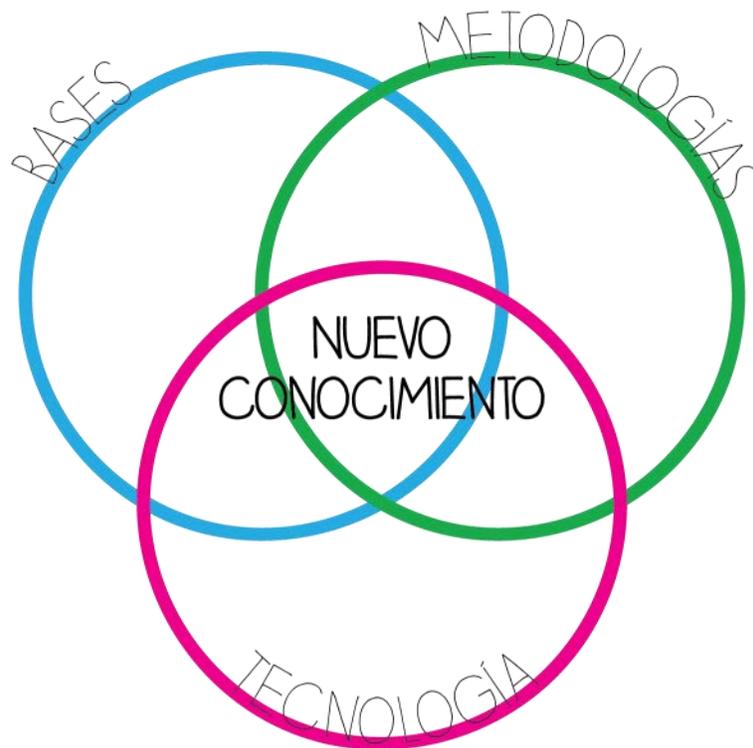
Este trabajo de tesis presenta un enfoque personal realizado de manera paralela al entregable de MABE, algunos fragmentos y aportaciones de esta, sirvieron para complementar y retroalimentar al equipo de diseño y al último reporte técnico entregado en enero de 2014 (CDMIT, 2014).

La tesis difiere del reporte técnico, ya que se presenta una metodología alternativa, se incluyen todas las aportaciones y puntos de vista derivados de las experiencias internacionales y experiencia laboral que acompañaron la elaboración del trabajo y se crea un resultado, escenarios, que definen de manera más específica el entorno y retos del panorama futuro.

Las etapas previas del proyecto fueron documentadas en las siguientes referencias escritas y deben ser tomados como antecesores de la presente investigación:

- Informe Técnico Sistema Alternativo de compresión para refrigeradores domésticos (CDMIT, 2013)
- Reporte técnico sistema alternativo de compresión para refrigeradores domésticos (CDMIT, 2013)
- Exploración de una propuesta de compresor alternativo para refrigeración doméstica. (Del Olmo Gil, 2013)
- Conceptualización y prueba de sistemas de compresión para refrigeración doméstica (Ramírez Terán, 2013)

Además de las etapas previas del proyecto, se tomaron como antecedentes la información de proyectos elaborados con la misma empresa, información compilada de tecnologías de refrigeración y todo el conocimiento acerca de metodologías de diseño e innovación, incluyendo aquellos procedimientos que se conocieron durante mi semestre de estudios en la Universidad de Stuttgart en Alemania y otras metodologías de universidades extranjeras como Foresight & Innovation, una metodología orientada a la innovación de la Universidad de Stanford.



BASES	TECNOLOGÍA	METODOLOGÍAS
Conocimientos de refrigeración Estudio de nuevas tecnologías Proyectos previos	Compresores actuales Medios de compresión (turbina, centrífugo, stirling, acústico, lineal)	Ulrich&Eppinger Pahl&Beitz Vladimir Hubka Foresight and innovation

FIGURA 1. ELEMENTOS PARA LA GENERACIÓN DE NUEVO CONOCIMIENTO

En la Figura 1 se presenta de manera general todos los conocimientos que contribuyeron a la elaboración del presente trabajo, se consideran los conocimientos previos, la tecnología existente y la experiencia con métodos de diseño de producto e innovación.

“El rasgo personal más valorado en el siglo XXI será la facilidad por la síntesis de información... La capacidad de decidir qué información atender, cual ignorar y como organizar y comunicar lo que juzgamos que es importante se ha vuelto una competencia básica para los que viven en el mundo desarrollado”. (Gardner, 2006)

La frase anterior describe totalmente los alcances de la presente investigación. En el desarrollo de éste, se aplica una metodología de diseño que organiza y clasifica la información para indicar las competencias en las que se está desarrollando la industria actual de refrigeración y posteriormente un análisis que permite la proyección de estas competencias en un panorama futuro.

Objetivos

Ampliar la parte exploratoria como primera fase de la investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías e innovación en el campo de la refrigeración doméstica.

Como parte de la etapa de análisis, aplicar las herramientas de distintas metodologías de diseño para estudiar distintos tipos de tecnología existente y desarrollar escenarios futuros que permitan la proyección de diversos aspectos del desarrollo tecnológico. Dentro de esta etapa de análisis se definirán los criterios de evaluación para la selección de estos escenarios.

Analizar y clasificar la información obtenida e identificar las tendencias generales de las tecnologías de refrigeración así como la localización clara y explícita de las áreas de oportunidad y futura investigación.

Proponer esquemas de escenarios tecnológicos futuros como posibles entornos donde se desarrollarán las nuevas tecnologías de refrigeración doméstica.

Generación del documento para la comunicación de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

Alcances

A pesar de que la investigación está dirigida principalmente al compresor, se debe considerar que un cambio en éste implica una variación en todo el ciclo de refrigeración, por ello el trabajo no se limitó al estudio del compresor como un dispositivo aislado y se expandió la exploración de los ciclos de refrigeración, a la conservación de alimentos, usos energéticos y desarrollo tecnológico en campos distintos a la refrigeración, tratando de generalizar lo más posible la exploración antes de acotarla, es decir, partir de lo general a lo particular.

Los resultados de la investigación se limitaron a una propuesta conceptual, es decir, se tomaron las primeras etapas de distintas metodologías de diseño y se adaptaron de tal manera que el resultado fuera la visualización general del panorama de desarrollo tecnológico en torno a la refrigeración y la identificación de las líneas de desarrollo actual.

Hipótesis

La etapa de exploración en el desarrollo de nuevas tecnologías, permite identificar nichos de mercado y tendencias de investigación. El resultado de esta exploración es una guía que debe trabajarse conjunto al plan de crecimiento de una empresa, de manera que la inversión en desarrollo tecnológico y capacitación técnica de personal converjan en una oportunidad de negocio.

La asignación pertinente de recursos implica un ahorro de gastos destinados al desarrollo empírico (por "prueba y error") y los dirige al estudio de las tecnologías identificadas como tendencias y proyecciones de desarrollo futuro.

La utilización de una metodología sistemática para el desarrollo de tecnología permite la optimización en la planeación de proyectos, hace comprensibles todos los procesos y decisiones llevadas a cabo, aumenta la capacidad de innovación, facilita el aprendizaje para el desarrollo, permite una adecuada documentación y minimiza el tiempo del proceso de diseño.

Los resultados finales de este proyecto nos indicarán cuáles son las condiciones en las que podría adaptarse un nuevo concepto de refrigeración.

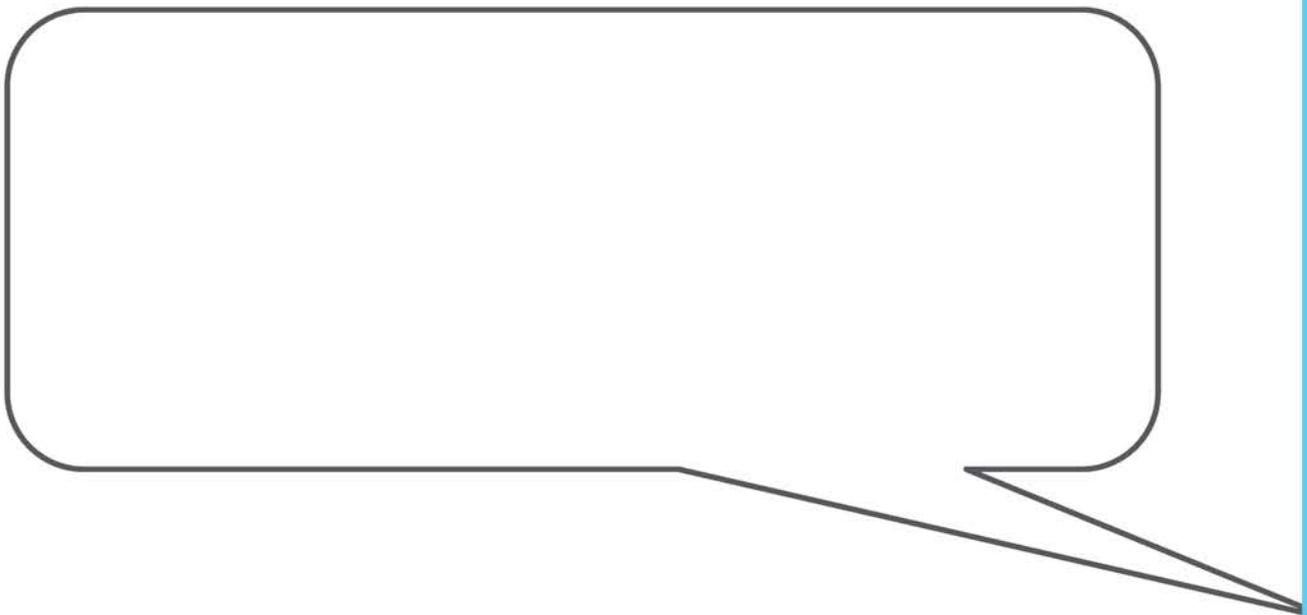
La comparación de tecnologías facilita el análisis y la toma de decisiones, además permite identificar aquellos aspectos en los que las tecnologías se encuentran limitadas. Al realizar una investigación superficial del funcionamiento de distintas tecnologías se evita la profundización excesiva en un solo tema, lo cual nos ahorra el tiempo de especialización antes de conocer cuáles son las direcciones de capacitación que deben tomarse.

2. PROCESO DE DISEÑO

¿QUÉ ES DISEÑO?

¿QUÉ ES UNA METODOLOGÍA?

¿QUÉ ES TENDENCIA?



2. PROCESO DE DISEÑO

¿QUÉ ES DISEÑO?

Diseño es una de las expresiones más altas de la creatividad humana. Es un proceso creativo en busca de una solución (Caplan, 2005).

Desarrollo de productos funcionales y estéticos que posean alta calidad, bajo costo y facilidad de manufactura. La estética y la funcionalidad en el diseño, implican que éste tenga claramente definidas las necesidades del consumidor y las satisfaga durante un largo periodo (Stoll, 1999).

La actividad de diseño ha sido definida ininidad de veces por distintos autores con diferentes enfoques. A pesar de que el enfoque elegido para este proyecto es técnico, no se descartan ninguno de los adjetivos aplicados en las definiciones anteriores.

El diseño es una actividad creativa cuya finalidad es la satisfacción de una necesidad definida. Para este proyecto se desarrollará una actividad creativa desarrollada por un equipo de trabajo que tiene como fin dar solución a un objetivo planteado en conjunto con la institución educativa y una empresa.

Hay muchas formas de llegar a la solución, por ello se han desarrollado diversas metodologías y pasos con la intención de facilitar e inducir este proceso creativo.

Visión global del diseño



FIGURA 2 ORDENAMIENTO DEL DESARROLLO DEL PRODUCTO (EHRENSPIEL, 2011)

La Figura 2 nos permite visualizar la posición que ocupa el diseño dentro de un panorama global. La importancia de observar en una sola imagen el entorno que rodea al proyecto es reconocer que éste se encuentra inmerso en el proceso de desarrollo del producto, que a su vez trabaja en paralelo con otros departamentos, como Mercadotecnia, Ventas, Calidad, Producción, Control, etc. Todos estos departamentos están organizados en una estructura más grande, la empresa, que comparte el entorno con otras empresas, con clientes y tiene que operar conforme las legislaciones establecidas para cada sociedad.

Este ordenamiento del desarrollo del producto, permite concluir que el desarrollo del producto es y debe ser considerado un proceso multidisciplinario que englobe procedimientos y conocimientos de otras áreas, con el fin de dirigir un proyecto de manera integral. Un diseño integral debe ser capaz de cumplir con los requerimientos y expectativas a todos los niveles de generalización, es decir, diseño, desarrollo del producto, empresa y mundo.

Como se observa en la Figura 2, el departamento de desarrollo del producto trabaja conjuntamente con otros departamentos, aunque el enfoque de este proyecto está dedicado en su mayor porcentaje al último círculo (diseño), se buscará incluir procedimientos que provengan de las demás áreas relacionadas. Para lograr esta inclusión se consultaron autores que incluyen métodos de disciplinas distintas a la ingeniería para el diseño de nuevos productos.

¿QUÉ ES UNA METODOLOGÍA DE DISEÑO Y PARA QUÉ SIRVE?

El método proyectual consiste simplemente en una serie de operaciones necesarias, dispuestas en un orden lógico-dictado por la experiencia. Su finalidad es la de conseguir un máximo resultado con el mínimo esfuerzo. (Munari, 2004)

Una metodología es una serie de pasos ordenados que facilitan la realización de una tarea. En este caso las metodologías son diversas actividades ordenadas relacionadas con la innovación y desarrollo de productos.

Un proceso de diseño debe ser lo más general y comprensible posible, de manera que pueda adaptarse para solucionar diferentes problemas, por ello se han desarrollado gran cantidad de metodologías, que en su mayoría organizan los pasos a seguir de un modo esquemático.

Existen múltiples razones que justifican el uso de metodologías sistemáticas y ordenadas para el desarrollo de tecnología, algunas de ellas son:

- Optimización en la planeación de proyectos.
- Mejora la comprensión de todos los procesos y decisiones llevadas a cabo.
- Aumenta la capacidad de innovación.
- Facilita el aprendizaje para el desarrollo futuro.
- Permite una adecuada documentación.
- Minimiza el tiempo empleado en el proceso de diseño.

A partir de estas ventajas del uso de una metodología se desprende parte de la hipótesis presentada en el capítulo 1 Introducción, donde se planteó que la utilización de una metodología sistemática proveerá de beneficios a la investigación.

Análisis de diversas metodologías de diseño

A continuación se presentan diversas representaciones esquemáticas de los pasos de algunas de las metodologías consultadas para la realización del presente proyecto.

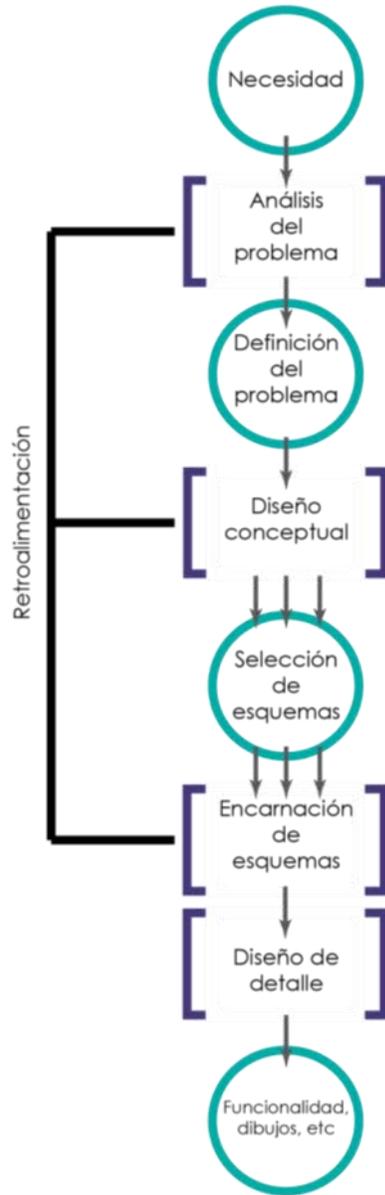


FIGURA 3 MODELO DE FRENCH DEL PROCESO DE DISEÑO (CROSS, 2005)



FIGURA 4 PROCESO DE INNOVACIÓN (CARLETON, 2013)

Fase 0: Planeación	Fase 1: Desarrollo del concepto	Fase 2: Diseño a nivel sistema	Fase 3: Diseño de detalle	Fase 4: Pruebas y refinamiento	Fase 5: Inicio de producción
Mercadotecnia <ul style="list-style-type: none"> • Articular oportunidad de mercado. • Definir segmentos de mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recabar necesidades de clientes. • Identificar usuarios líderes. • Identificar productos competitivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar plan para opciones de producto y familia extendida de productos. • Establecer objetivos de precios de venta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar plan de mercadotecnia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar promoción y lanzar materiales. • Facilitar pruebas de campo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poner la primera producción a disposición de clientes clave.
Diseño <ul style="list-style-type: none"> • Considerar plataforma y arquitectura del producto. • Evaluar nuevas tecnologías. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar factibilidad de conceptos del producto. • Desarrollar conceptos de diseño industrial. • Construir y probar prototipos experimentales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Generar arquitecturas alternativas de producto. • Definir subsistemas e interfases principales. • Refinar diseño industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir geometría de piezas. • Seleccionar materiales. • Asignar tolerancias. • Completar documentación de control de diseño industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Probar confiabilidad. • Probar vida útil. • Probar desempeño. • Obtener aprobaciones legales. • Implementar cambios de diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar resultados de la primera producción.

FIGURA 5 PROCESO GENÉRICO DE DESARROLLO DEL PRODUCTO (ULRICH & EPPINGER, 2009)

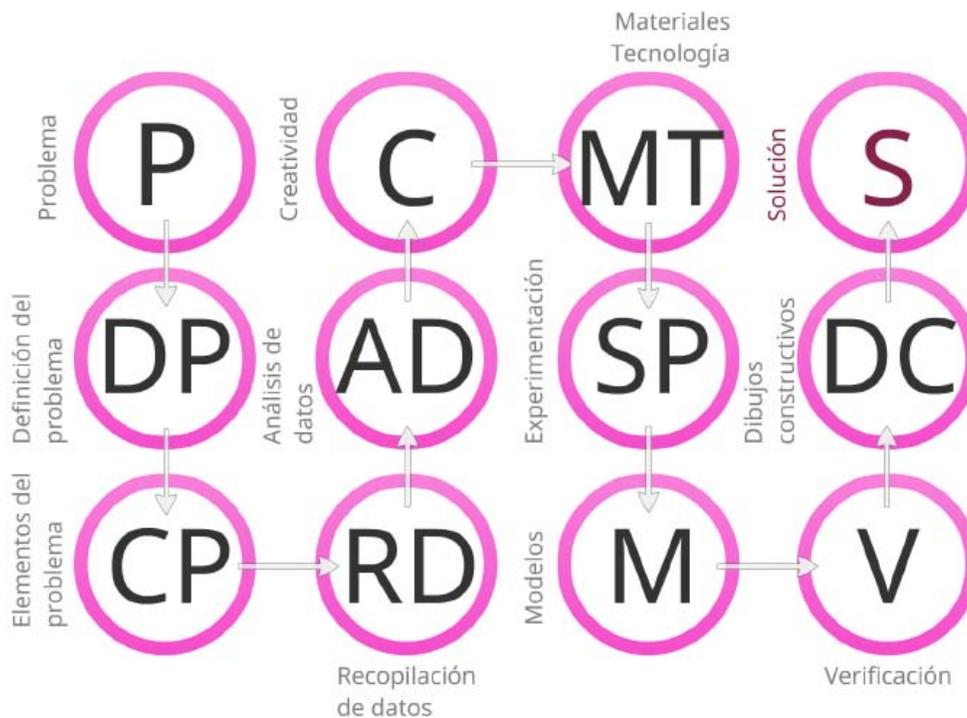


FIGURA 6 ¿QUÉ ES UN PROBLEMA? (MUNARI, 2004)

Como se observa en la Figura 3, Figura 4, Figura 5 y Figura 6 todas las metodologías tienen características comunes, generalmente lo primero a hacer es definir el problema en su conjunto para después explorar el entorno que le rodea, proceder al análisis de las posibles soluciones e iniciar con las pruebas de prototipos para llegar a un producto final.

Los alcances del presente trabajo de tesis terminan en la conceptualización de un escenario futuro, por lo que debe definirse qué parte de las metodologías se está considerando para cubrir esta etapa de diseño.

Diseño conceptual es el conjunto de los primeros pasos de una metodología de diseño, los cuales desenlazan en la creación de soluciones generales del problema. El diseño conceptual de una solución determina su principio de funcionamiento, por ello es la etapa que requiere las mayores demandas para el equipo de diseño.

En las primeras fases de una metodología se pretende el mayor grado de abstracción, es decir, debe ignorarse todo aquello que sea particular o incidental y concentrarse en aquello general y esencial. En este grado de generalización deben trabajar en conjunto los aspectos científicos, prácticos, económicos, de manufactura, comerciales e ingenieriles, ya que es en esta etapa donde las decisiones más importantes son tomadas y pueden notarse las mejoras significativas.

A partir de la definición de diseño conceptual, se propondrá una metodología híbrida que combina diversos aspectos y visiones del diseño con el objeto de hacer un análisis que nos lleve a la conceptualización del panorama futuro de un sistema técnico de ingeniería sin perder el enfoque de innovación e intuición propias de una actividad creativa como lo es el diseño.

Los pasos de esta metodología mixta incluyen las propuestas de los diagramas antes mencionados y herramientas obtenidas de otros métodos relacionados no sólo con la ingeniería, sino también con la innovación, intuición, creatividad y análisis de información. Con fines de simplificación nombraremos **La Metodología** a la propuesta de método.

La Metodología se define como un método, es decir, un conjunto de pasos con un fin común. Los pasos propuestos se enumeran y describen a continuación:

1. Identificar oportunidad
2. Exploración y análisis
3. Tendencias
4. Generación de concepto (Escenarios futuros)

1. Identificar oportunidad

Teniendo como referencia el análisis de diversas metodologías de diseño, el primer paso de la metodología consiste en la definición del problema en su conjunto, esta definición ayudará también a la asignación de los límites del proyecto.

La clarificación del problema de diseño permite al equipo la identificación de posibles zonas de oportunidad y la delimitación del tipo de solución.

En los primeros pasos de cada metodología se define y clarifica el problema, además de ello se analiza la problemática en el entorno que le rodea y en un contexto más general. Se debe definir el problema en su generalidad, esto justifica que las primeras etapas del diseño posean el nivel de mayor ambigüedad del proyecto.

2. Exploración y Análisis de información

La exploración se dedica al estudio de la problemática definida, puede ser tan profunda que se incluyan eventos históricos y movimientos sociales relacionados, eventos que serán ordenados y analizados con ayuda de herramientas de análisis de información.

Resulta complejo analizar un problema y dar una solución de manera directa, por ello una vez definido debe desmenuzarse en subpartes de manera que el análisis se simplifique y la solución resulte de la combinación creativa de las soluciones de los subproblemas.

Después de la etapa de exploración, debe hacerse un análisis extensivo de los subproblemas y una exploración general de las posibles soluciones, para ello el equipo de diseño cuenta con las herramientas propuestas que permiten el análisis técnico, ordenamiento, clasificación de información y análisis de innovación y oportunidades en el mercado.

TENDENCIA

Es un patrón de comportamiento de los elementos de un entorno particular durante un periodo de tiempo, simplemente la dirección o rumbo del mercado. Con base en los niveles del consumo, aplicación, factibilidad y utilización de estos. (Blogspot, 2011)

Como ha sido especificado dentro de los objetivos, el desarrollo del proyecto abarca conocimientos más allá de la ingeniería. Si se combinan elementos del proceso de diseño con el de mercadotecnia, por ejemplo, obtendremos un resultado que se ha denominado "tendencia" para los fines del proyecto. En la Figura 5, se observan de manera paralela los procesos de las áreas de mercadotecnia y diseño.

En la fase 0: Planeación, se identifican las oportunidades de mercado y se evalúan nuevas tecnologías. La tendencia permitirá identificar oportunidades de mercado en las cuales se

localizarán los conceptos o esquemas generados, así las posibles soluciones identificadas en los pasos previos de **La Metodología** poseerán otro criterio para su selección.

Generación del concepto (Escenarios futuros)

Para fomentar el entendimiento (*insight*) que nos lleva a la generación del concepto, deben combinarse los diversos resultados encontrados en el desarrollo de los pasos anteriores de **La Metodología**, además, debe fomentarse la fluencia de ideas y la creatividad. Una forma de hacerlo es la herramienta llamada escenarios, aquí se aterrizan todas las ideas e información analizada y se realiza una descripción de aspectos concretos en el futuro.

La creación de escenarios futuros, presenta el desafío del desarrollo tecnológico hacia el futuro deseado, es decir, nos propone el entorno en el que deberán desempeñarse las tecnologías en el mañana.

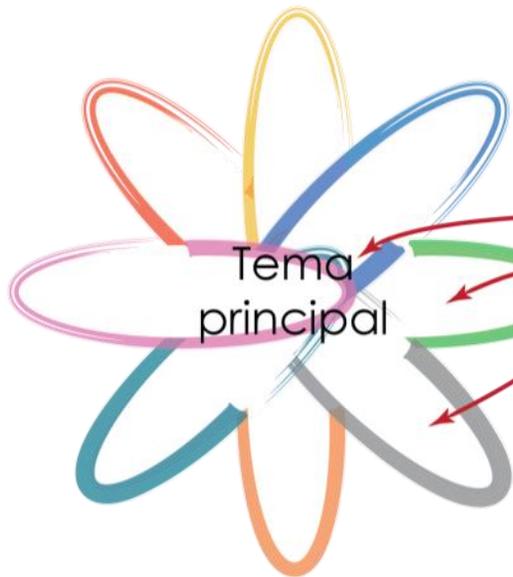
Herramientas de diseño

Como se ha mencionado en cada uno de los pasos de **La metodología**, se busca la generación de un concepto a partir del estudio de diversos métodos y herramientas. Para el desarrollo de **La metodología** se emplearon diversas herramientas de análisis, las principales pueden clasificarse dentro de dos categorías: análisis de información y análisis técnico.

A continuación se presenta una explicación general de las herramientas utilizadas durante el desarrollo de la metodología.

Análisis de información

A continuación se describen las herramientas empleadas para analizar la información.



Mapa Contextual

Figura 7. Un mapa contextual se crea durante una discusión en equipo.

Los mapas contextuales contienen los temas emergentes al discutir el **problema principal**, que se escribe al centro del gráfico, mientras que en los **elementos exteriores** se escribirán los aspectos que generen mayor controversia o mayor mención durante la discusión del tema.

El mapa contextual como primera herramienta de análisis de información, nos sirve para identificar las dimensiones del tema principal y las áreas de prioridad. Los temas alrededor del tema principal serán las áreas de mayor importancia para desarrollo e investigación.

Al igual que cualquier proceso de diseño, esta herramienta de análisis puede requerir de varias iteraciones antes de obtener la versión final.

FIGURA 7 MAPA CONTEXTUAL (CARLETON, 2013)

Línea del tiempo

Figura 8. Las líneas del tiempo nos permiten ordenar un patrón de eventos cronológicos de un tema particular en un contexto gráfico, además nos permite visualizar los precedentes de un evento determinado.

Las líneas se harán como una representación horizontal con información cronológica. El eje horizontal representa el tiempo que incrementa de izquierda a derecha

Esta herramienta gráfica nos permite la visualización de patrones históricos, lo que se hizo en el pasado sirve como precedente del éxito o fracaso de ideas aplicadas en diferentes contextos.

El usuario de una línea del tiempo puede obtener fácilmente información temporal específica respecto a un tema.

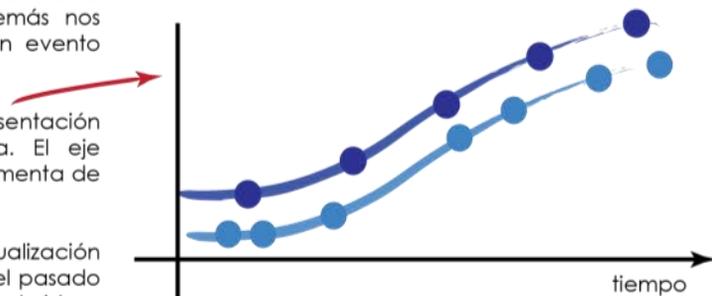


FIGURA 8 LÍNEA DEL TIEMPO (CARLETON, 2013)

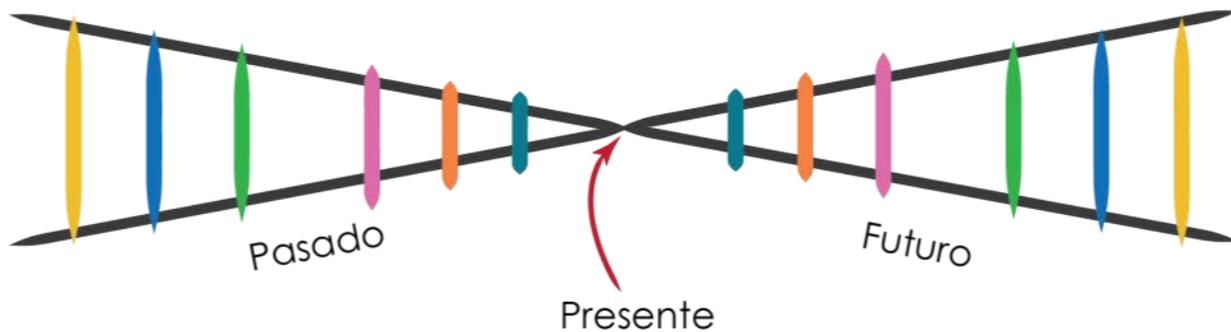


FIGURA 9 VISOR CÓNICO (CARLETON, 2013)

Visor cónico

Figura 9, esta herramienta cónica permite la visualización de la evolución en el tiempo de distintos temas relacionados entre sí para ofrecer un panorama general en un sólo elemento gráfico.

El vértice en la mitad representa el tiempo presente, el lado izquierdo el pasado y el derecho la proyección del futuro. Las líneas verticales son separadores temporales para dividir los eventos por rango de años, épocas o eventos de un orden más general.

Esta herramienta plasma eventos cronológicos de distinta naturaleza, con los que se pueden identificar patrones de cambio y relaciones basadas en la concordancia de diversos eventos en un período de tiempo determinado. De esta manera se puede saber qué eventos, compañías y otras ideas han influenciado el entendimiento de un tema actual.

A partir de los modelos identificados en el pasado, se pueden realizar proyecciones a futuro, considerando que algunos eventos futuros pueden reflejar patrones ya ocurridos.

El visor cónico puede ser trabajado paralelamente con las líneas del tiempo, ya que ambos poseen información temporal.

Las tres herramientas gráficas presentadas (mapa contextual, línea del tiempo y visor cónico), nos facilitan la organización y visualización de la información relacionada con la evolución de distintos aspectos tecnológicos.

Análisis técnico

Además de las herramientas de análisis de información, es necesario conocer el funcionamiento de diversas tecnologías, es decir adentrarse en las bases teóricas que permiten a un sistema técnico desempeñar su tarea principal. El análisis técnico permite clarificar y hacer una abstracción del problema planteado.

Para el desarrollo de este análisis, fueron utilizados diversos conceptos de análisis sistemático y técnico, principalmente de origen alemán.

Nuestra principal herramienta de análisis tecnológico toma sus bases en la metodología de "Diseño Funcional" que se desarrolla completamente en el libro *Engineering Design: a Systematic Approach*, (Pahl & Beitz, 2007).

Metodología funcional

La metodología funcional propone un acercamiento técnico a la tecnología que parte del mayor nivel de abstracción seleccionado por el diseñador, hasta la particularización cualitativa, cuantitativa y económica de la solución conceptual. Para poder trabajar con la metodología es necesario conocer los conceptos básicos y reglas que la definen.

El primer concepto planteado deriva de la idea de Vladimir Hubka (1984) de que un artefacto técnico debe ser tratado como un sistema que se conecta a su entorno por medio de entradas y salidas, este sistema tiene una frontera definida y puede dividirse en subsistemas para su análisis.

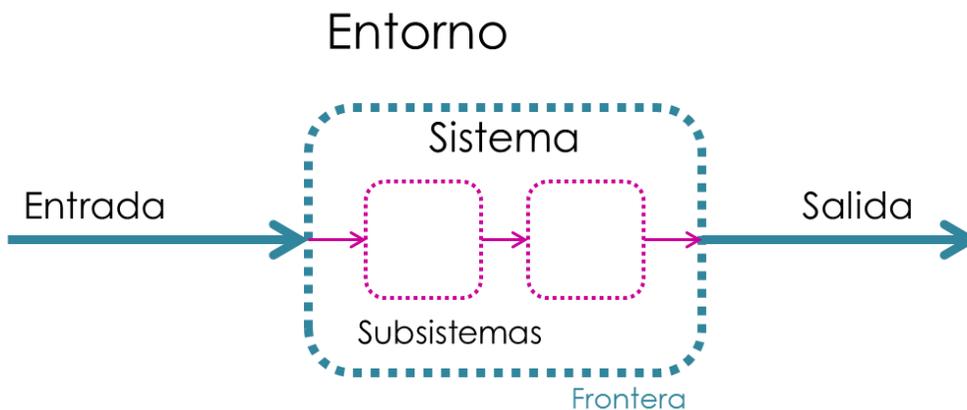


FIGURA 10 REPRESENTACIÓN DE UN SISTEMA TÉCNICO

Existen diferentes criterios para la división de un sistema en subsistemas, una de las más comunes y de la cual deriva el nombre que se ha asignado a la metodología, es la división por funciones. Función es la relación entrada-salida de un sistema que tiene como propósito realizar una tarea. Una división funcional implica la identificación y descripción de relaciones funcionales entre los elementos de un sistema.

La segunda concepción general del Diseño Funcional se basa en los tres conceptos básicos definidos por Weizäcker (1971): energía, materia e información. La materia se encuentra en distintas formas y estados, la energía es el medio por el cual se puede modificar la materia y la información son los mensajes en forma de señales que pueden presentarse en un sistema.

La tercera concepción es la estructura funcional. Una estructura funcional es la combinación de funciones y subfunciones dentro de una función general, la manera más simple de representar una estructura funcional es el diagrama de bloques.

Dada la diversidad de funciones que se pueden definir para un sistema, existe una generalización basada en los cambios de tipo, magnitud, número, lugar y tiempo. La generalización definida por Krumhauer (1974) puntualiza 5 funciones:

- Cambiar
- Variar
- Conectar
- Canalizar
- Almacenar

Los tres elementos conceptuales del diseño funcional se relacionan y representan a través de diagramas funcionales. Un diagrama funcional es un diagrama de bloques que cumple con las acotaciones mencionadas por Hubka, cada bloque es la abstracción de una función desempeñada por un subsistema y representa una función.

Las funciones se representan como una estructura sustantivo+verbo y se formarán con la combinación de los conceptos básicos de Weizäcker y las funciones generales de Krumhauer.

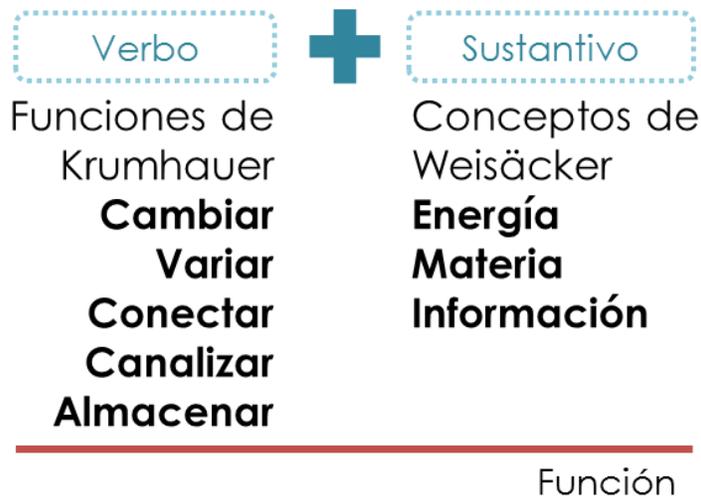


FIGURA 11 REPRESENTACIÓN DE UNA FUNCIÓN

Existe un cuarto elemento que no posee una representación gráfica, el "tiempo" nos permite ordenar el flujo y las conexiones entre los diversos conceptos para un sistema dinámico.

Al realizar el análisis funcional de un sistema técnico, se obtiene un diagrama funcional. Los bloques de funciones de este diagrama representan las tareas desempeñadas por el sistema a un nivel de abstracción tal, que las funciones son independientes de cualquier solución particular.

El nivel de abstracción y objetivos definidos para la creación del diagrama funcional determinarán el resultado final, lo cual indica que un diagrama funcional no es único.

A continuación se presenta un ejemplo del análisis de un compresor recíprocante con metodología funcional:

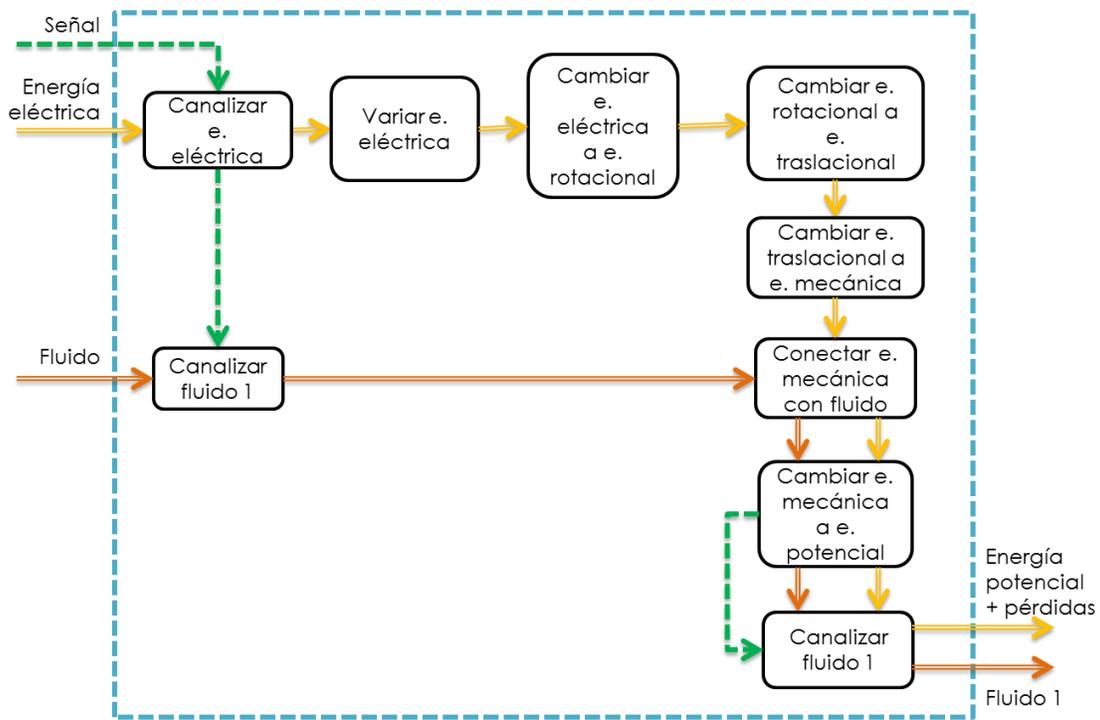


FIGURA 12 DIAGRAMA FUNCIONAL

Después de realizar un diagrama funcional se logra el análisis y abstracción de un problema propuesto. Definido el problema, las metodologías recomiendan la exploración y búsqueda de una solución o soluciones para el problema descrito.

Todo el proceso de la metodología funcional nos brinda diversos instrumentos de análisis que serán utilizados durante el desarrollo de **La Metodología**. Ya que el enfoque del trabajo es llegar a definir el panorama futuro del compresor de refrigerador doméstico y no definir en detalle las características técnicas de un producto, se harán cambios al proceso y se desarrollarán aquellos pasos que se consideren convenientes para la investigación.

Las herramientas de análisis tecnológico permiten cubrir el primer paso de la Metodología en las que se requiere el análisis del problema y la evaluación de nuevas tecnologías.

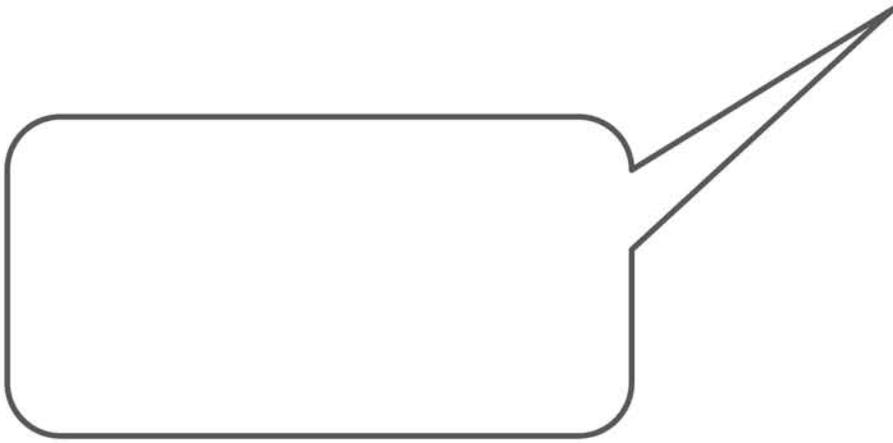
Las herramientas de análisis de información ordenan la información y permiten establecer patrones basados en los cambios a través del tiempo.

Las herramientas gráficas propuestas incluyen al tiempo como un factor de análisis, por lo que los puntos más actuales representan el estado del arte y las nuevas tecnologías, éstas deben ser utilizadas como posibles soluciones a las funciones abstractas obtenidas en el análisis funcional. Además se puede analizar la evolución de una función o funciones, identificando cuales se han modificado, eliminado o agregado.

Ambos tipos de herramientas se complementan y nos permiten obtener el patrón de comportamiento que buscamos y además nos llevan a la conceptualización de la tendencia.

Todas las herramientas de análisis de información y análisis técnico fueron empleadas y adaptadas en diversas fases de este trabajo de tesis, algunas de estas aplicaciones distan del propósito que da el autor original.

3. LA METODOLOGÍA (DESARROLLO)



3. LA METODOLOGÍA (DESARROLLO)

Trabajo en equipo

En el capítulo anterior se definieron los pasos a desarrollar del proyecto y las herramientas de trabajo. Antes de iniciar este proceso se describirá de manera breve uno de los elementos esenciales de toda metodología de diseño, el equipo de trabajo.

A través de la experiencia del trabajo con varias personas, un diseñador nota la necesidad de adentrarse, no sólo en el conocimiento de metodologías que incluyan elementos de trabajo en equipo, sino también en conocimientos de administración de un conjunto.

Resulta interesante descubrir que entre la extensa bibliografía consultada para la realización de este escrito, son pocas las metodologías que hacen énfasis en el trabajo en equipo como uno de los elementos fundamentales para una actividad de diseño, es cierto que en todas se menciona la existencia de un grupo de diseño, pero resulta difícil encontrar una metodología que explique cómo debe ser manejado un grupo enfocado a actividades de diseño.

El manejo de equipos de trabajo y la realización de actividades de diseño con grupos multifacéticos es un conocimiento poco difundido y pocas veces aplicado para el diseño de sistemas técnicos de ingeniería, por lo menos ésta es la situación actual de la facultad.

Si bien es cierto que existen metodologías “base” que se han utilizado desde el siglo pasado y se encuentran totalmente enfocadas al perfeccionamiento e innovación de sistemas de ingeniería, también es importante reconocer que el estado del arte debe buscarse no sólo para la información técnica, sino para todo el proceso de diseño en general, esto nos proveerá de las herramientas más recientes para dirigir una investigación.

Una de las metodologías utilizadas para este trabajo de diseño, fue *Foresight & Innovation* (Carleton 2013), en ella se remarca la estrategia de innovación a través de un enfoque de colaboración basado en el trabajo en equipo. Tomando estas ideas como base, el desarrollo de todo el proyecto se realizó como una actividad grupal. Los miembros, provenientes de diversas ramas y niveles de la ingeniería, compartieron avances, ideas y discusiones que complementan y nutren todos los aspectos de este trabajo.

Lamentablemente este trabajo de tesis no abarca el estudio del manejo de grupos enfocados al diseño, de cualquier manera se retomará este punto en el último capítulo dedicado a las conclusiones y lecciones aprendidas.

Se mencionan a continuación todos los miembros involucrados al menos en una de las etapas de este trabajo de investigación, posteriormente se desarrollarán cada uno de los pasos definidos para **La Metodología**.



Andrés del Olmo Gil (Maestría en Mecatrónica)

Arturo Ramírez Terán (Maestría en Mecánica)

Juan Carlos Islas Arredondo (Ingeniería Mecatrónica)

Mayte García Hernández (Ingeniería Mecatrónica)

Adriana Providell Urango (Ingeniería Mecánica)

Luis Alberto Solórzano Luviano (Ingeniería Mecatrónica)

Jorge Alberto Díaz Hermosillo (Maestría en Mecánica)

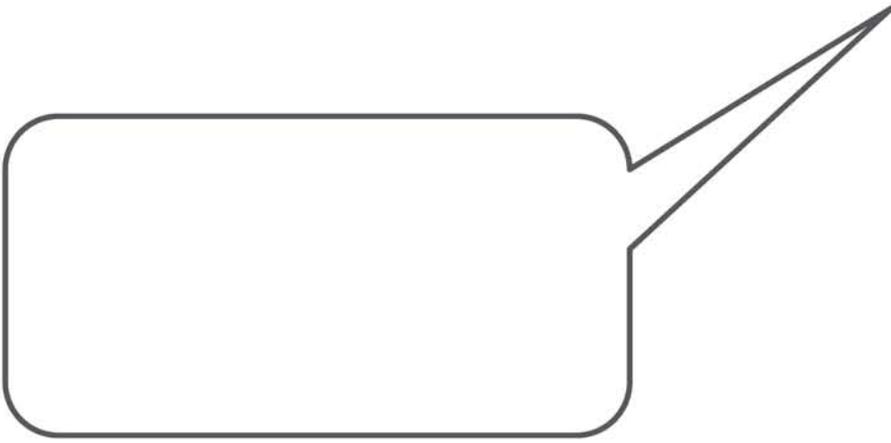
Oscar Xavier Hurtado Reynoso (Maestría en Mecánica)

Elena Guadalupe Martínez (Ingeniería Mecánica)

Josué Sánchez Leonel (Ingeniería Mecatrónica)

3.1

OPORTUNIDAD



3.1 Oportunidad

Existe una tendencia creciente hacia el consumo de productos alimenticios que conllevan a un constante impacto ambiental (Tassou 2009). Es así como la actividad humana está añadiendo un exceso de gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que está incidiendo gravemente en el clima, provocando cambios drásticos que pueden afectar peligrosamente a los ecosistemas naturales y a las sociedades humanas.

Ante las conclusiones de los científicos y de los organismos internacionales acerca del creciente impacto ambiental, se necesita una seria atención de la opinión pública para forzar a los gobiernos a negociar reducciones reales de las emisiones de gases invernadero y a tomar las decisiones necesarias para transformar la economía mundial, de forma que ésta pase de estar basada en combustibles fósiles a un futuro de energía renovable.

El problema del daño al ecosistema no es nuevo, desde hace más de 30 años se han desarrollado diversas políticas en pro del cambio económico para fomentar el uso de energías alternativas. Por ejemplo, en la década de los 80s se prohibió el uso de refrigerantes CFCs y se establecieron escalas de tiempo para la eliminación de los HCFCs. La Unión Europea diseñó la regulación F-gas para contener y prevenir la emisión de gases fluorados que incluyen los refrigerantes HFC como el R134a que es utilizado ampliamente en la refrigeración doméstica. Éstos han sido cambios positivos para la reducción del daño ecológico, pero su aplicación ha sido gradual, condición que no resulta proporcional al daño producido.

Una de las maneras de reducir el impacto ecológico, es la disminución del consumo global de energía, para ello, se requiere un análisis del consumo energético y la identificación de los sectores de mayor demanda.

En la figura 13, se observan los sectores que tienen un mayor consumo de energía eléctrica en México. El mayor consumo está adjudicado a la industria, pero **el 23% del consumo es residencial y ocupa el segundo lugar de consumo energético en nuestro país.**

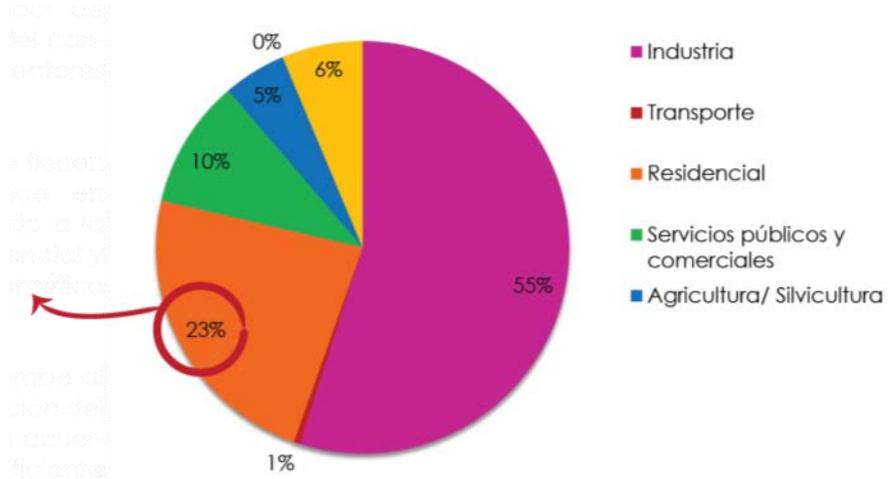
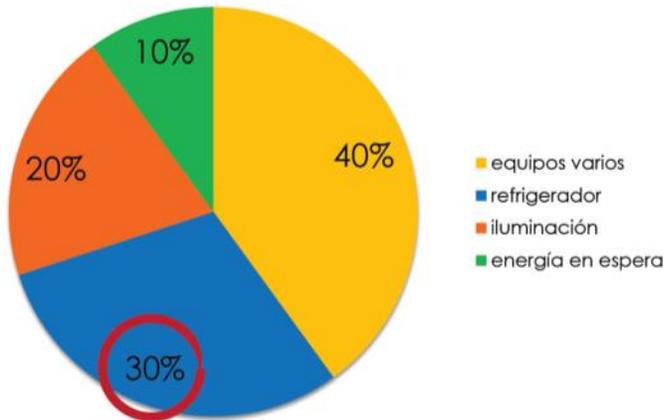


FIGURA 13 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO (IEA AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, 2010)

Ya que el sector doméstico es el que incumbe al presente trabajo, debe analizarse la repartición del uso de energía dentro de una vivienda. De acuerdo con la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía CONUEE, el consumo de energía promedio en una casa se distribuye de la siguiente manera:



Como se observa en la figura 14 el consumo de un refrigerador puede representar hasta el 30% del consumo de energía eléctrico en una casa.

A pesar del alto porcentaje de energía empleado para la refrigeración de alimentos, esta energía no se aprovecha totalmente para producir el trabajo de enfriamiento.

FIGURA 14 CONSUMO DOMÉSTICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (CONUEE, 2013)

De acuerdo a diversas investigaciones realizadas en torno al desempeño de los compresores reciprocantes, de uso general en la compresión doméstica, existen múltiples factores de pérdidas que influyen la eficiencia del compresor.

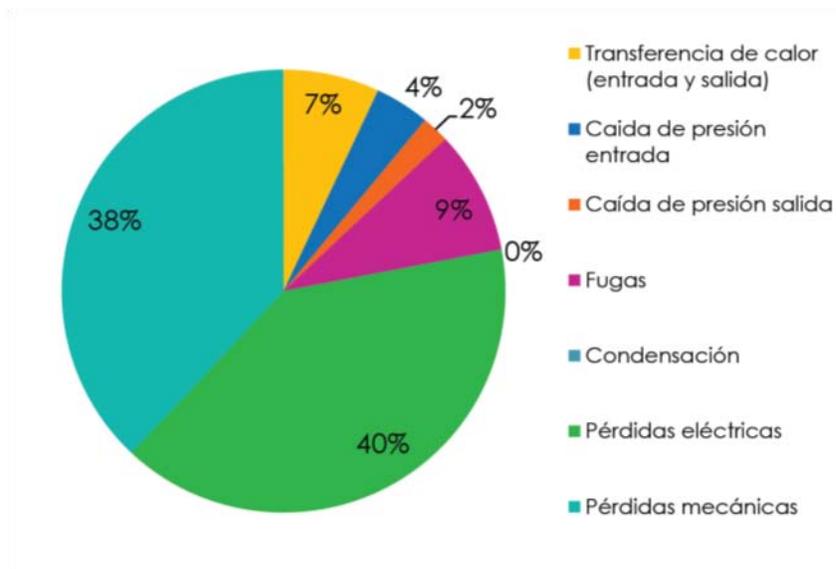


FIGURA 15 INFLUENCIA DE PÉRDIDAS EN LA EFICIENCIA DEL COMPRESOR (NAVARRO, 2007)

Fig. 15, aspectos como las pérdidas eléctricas y mecánicas tienen gran influencia dentro de las pérdidas totales que disminuyen la eficiencia del compresor. Para poder entender la causa raíz de estos factores de pérdida, conviene analizar los procesos energéticos que se llevan a cabo en un refrigerador y en el compresor.

Para entender los procesos energéticos llevados a cabo dentro del dispositivo de refrigeración, primero se observará la representación del ciclo de compresión por vapor, ciclo con el que trabajan los refrigeradores actuales y que idealmente se considera de la siguiente manera:

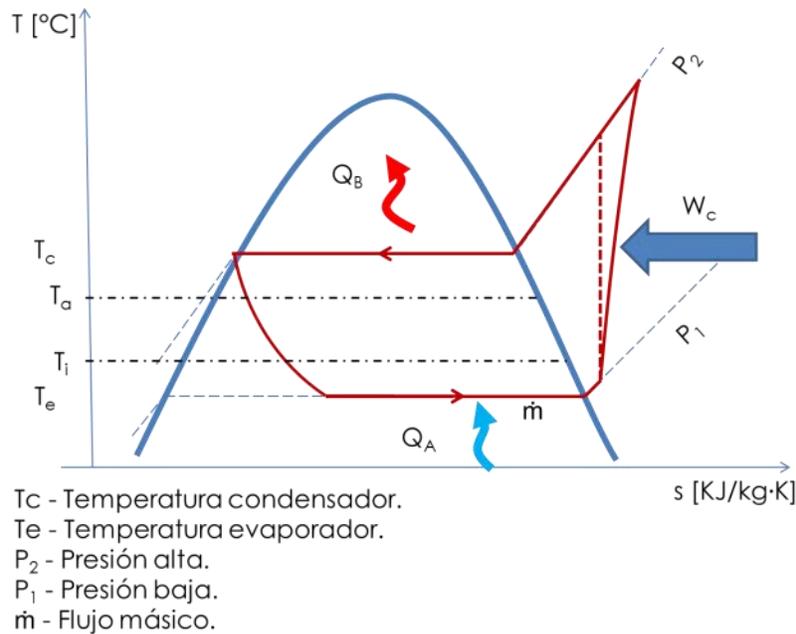


FIGURA 16 CICLO IDEAL DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR

En la representación del ciclo termodinámico Figura 16, el refrigerante debe variar desde la temperatura interior del refrigerador T_i hasta la temperatura ambiente T_a , este cambio de temperaturas se genera a través de la diferencia de presiones y la entrada de trabajo al sistema para poder completar el ciclo. La entrada de trabajo al sistema se localiza en el cambio de presión baja a alta, es decir, en el compresor; por ello este dispositivo se convierte en el de mayor enfoque como una oportunidad para la reducción de consumo energético.

La representación del funcionamiento de un refrigerador a través de su diagrama termodinámico, idealiza el proceso de refrigeración para un estudio general, pero excluye diversos procesos que también se llevan a cabo como parte del proceso de conservación de alimentos por refrigeración.

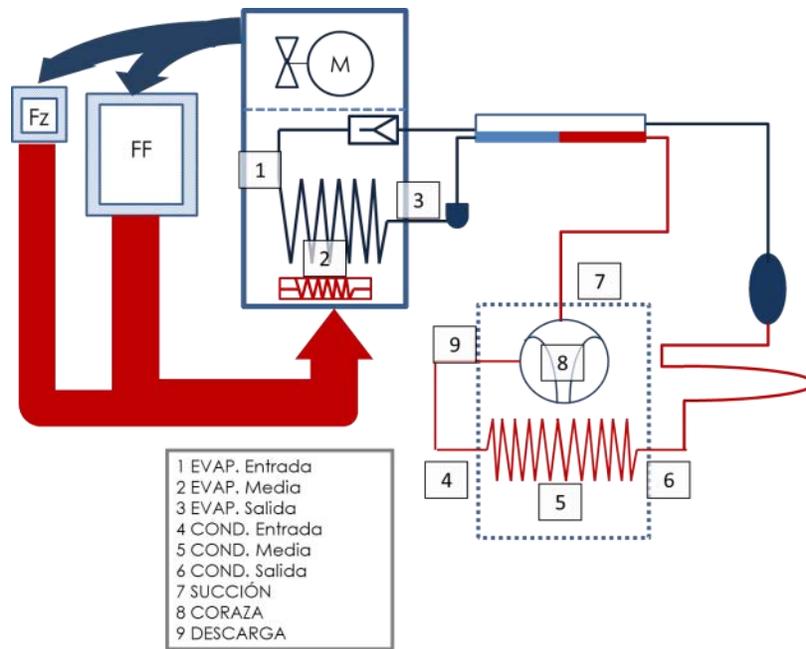


FIGURA 17 INSTRUMENTACIÓN DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN (MABE 2012)

En el diagrama anterior Figura 17, el proceso de refrigeración se presenta con un mayor nivel de complejidad y se observan procesos paralelos que apoyan al ciclo principal. Los procesos paralelos tales como la ventilación, instrumentación e iluminación incrementan el consumo eléctrico del dispositivo, aún en estos casos la compresión del gas representa la actividad con mayor consumo en el funcionamiento de un refrigerador.

Al ser el compresor el foco de oportunidad para la disminución de consumo energético, se debe estudiar el funcionamiento energético del mismo dentro del ciclo de refrigeración. En la Figura 18, se presenta un análisis del gráfico de potencia consumida en el refrigerador por unidad de tiempo.

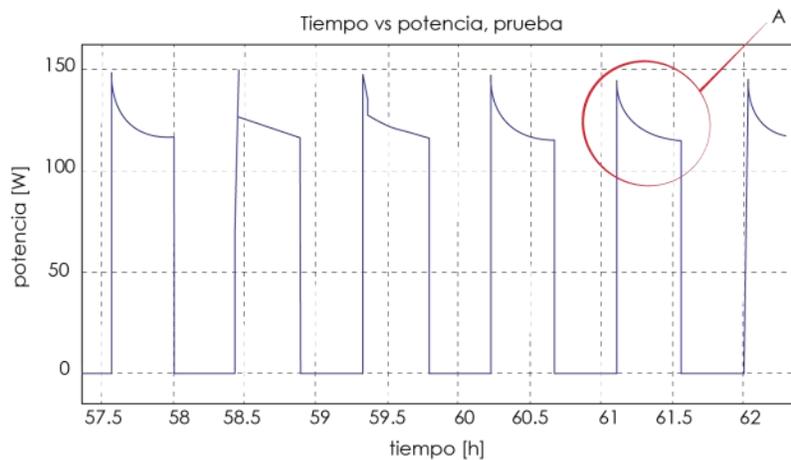


FIGURA 18 POTENCIA CONSUMIDA POR UN REFRIGERADOR (MABE 2012)

En la Figura 18, el valor de la potencia consumida varía a través del tiempo. Los refrigeradores actuales poseen un control de temperatura on-off, es decir, el compresor se enciende cuando la temperatura interior aumenta a un valor máximo y se apaga al alcanzar la temperatura interior mínima, por ello se observan intervalos de encendido y apagado a lo largo del eje del tiempo (h).

El círculo A marcado en la figura antes mencionada, nos presenta una de las problemáticas de este control on-off. El arranque del motor del compresor provoca picos de consumo de corriente que se reflejan en los valores de potencia, los cuales se van estabilizando conforme la operación del compresor continúa, finalmente llega a la temperatura mínima y se apaga el sistema. Una curva suavizada implicaría un cambio en el sistema de control del refrigerador, lo que permitiría la reducción o eliminación de los picos de corriente.

Las pruebas para la obtención del gráfico de la Figura 18, se realizan bajo condiciones estándar, pero se sabe que el funcionamiento del compresor no está adaptado a la variación de la carga térmica del refrigerador, otro tema de oportunidad para la reducción energética.

La definición del problema nos ha permitido la identificación de diversas oportunidades:

- La reducción de consumo energético mundial es un campo de desarrollo actual conforme a los cambios climáticos, aumento de población y nuevas legislaciones.
- El consumo energético residencial presenta una oportunidad para reducir el 23% del consumo eléctrico en el país.
- El refrigerador tienen una oportunidad de reducir hasta el 30% del consumo eléctrico residencial.
- El compresor es el dispositivo que realiza el trabajo dentro de un ciclo de refrigeración, por ello, el que requiere el mayor consumo energético.
- Existen múltiples factores de pérdidas energéticas en un compresor, por ejemplo, pérdidas eléctricas y pérdidas mecánicas.
- El funcionamiento del compresor podría ser más eficiente al modificar el funcionamiento del motor eléctrico y evitar picos de potencia.
- Un sistema de control variable que dependa de la carga térmica podría brindar ahorro energético al sistema.

A partir de estas oportunidades se identifican dos caminos, uno a corto plazo que debe incluir mejoras en los sistemas de potencia y control, y otro a largo plazo que implica la adaptación del refrigerador y compresor a las demandas energéticas del mundo futuro.

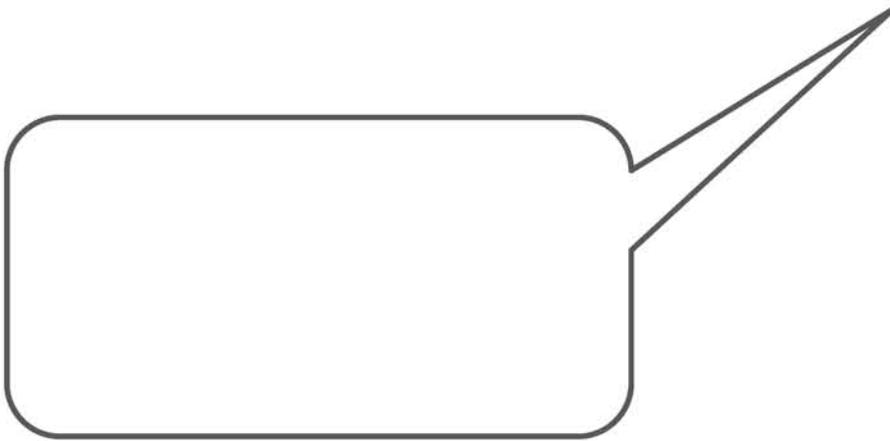
Existen proyectos previos y paralelos que se han dedicado al desarrollo de mejoras a corto plazo, por lo que el enfoque de este trabajo será a largo plazo y del tipo energético.

La etapa de exploración nos permitirá identificar todas las variantes disponibles y otros temas de interés que influyen en el comportamiento y evolución de las tecnologías en estudio.

3.2

EXPLORACIÓN

Y ANÁLISIS



3.2 EXPLORACIÓN Y ANÁLISIS

Una vez definido el panorama de oportunidad para el compresor actual. Se empieza una etapa explorativa, esta etapa debe cubrir distintos aspectos que después de un análisis, predigan un panorama futuro y las posibles soluciones para las áreas de oportunidad detectadas en el capítulo 3.1 Oportunidad, del presente trabajo.

Antes de iniciar un proceso exploratorio y paralelo a él es importante definir y acotar nuestro proceso de investigación. Este proceso de definición se realizará de forma iterativa durante el desarrollo, para ello se requiere de una discusión del equipo de diseño acerca de los temas de interés en el proyecto, la manera de presentar la información obtenida de esta discusión grupal serán los mapas contextuales. Tomando como referencia el capítulo 2 Proceso de diseño, del presente trabajo, se sabe que estos mapas se componen con los temas que causan mayor controversia en una discusión relacionada con el tema central.

El objeto del presente trabajo es la obtención de un concepto de tecnología en un panorama futuro, así el primero de los mapas tiene como objeto acotar los temas de importancia al hablar de la palabra tendencia y el segundo, definir los aspectos relacionados con las tendencias en refrigeración.

En las Figura 19 y Figura 20 se presentan los mapas creados y un resumen de los aspectos que abarca cada uno de los temas enlistados.

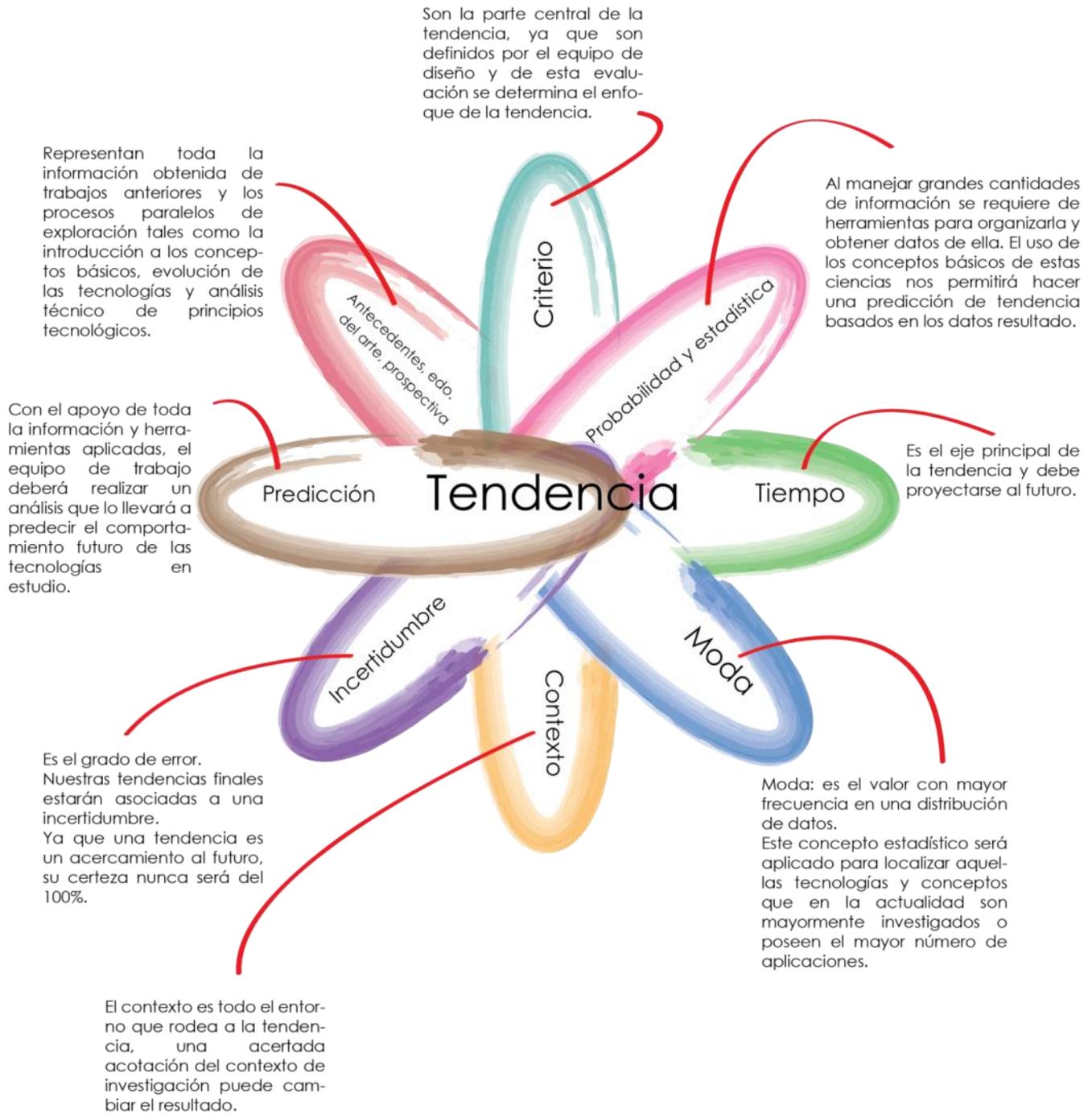


FIGURA 19 MAPA CONTEXTUAL TENDENCIA (REPORTE TÉCNICO CONACYT, 2014)

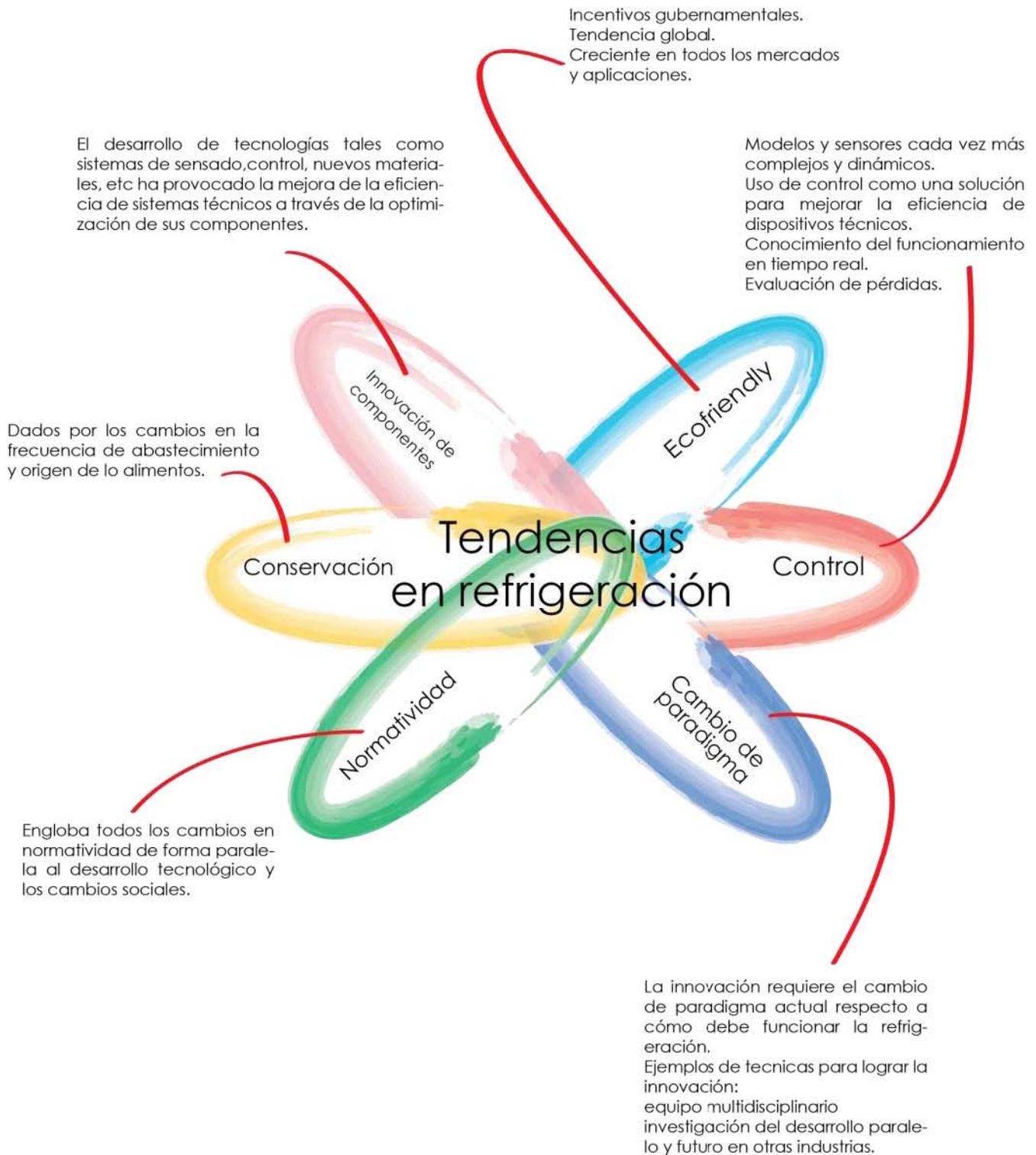


FIGURA 20 MAPA CONTEXTUAL TENDENCIAS EN REFRIGERACIÓN (REPORTE TÉCNICO CONACYT, 2014)

En la Figura 19 se consideran los temas de mayor interés relacionados con tendencia, es decir, los puntos generales que se deben incluir en la etapa de exploración y posteriores; por su parte la Figura 20, presenta los aspectos particulares de la exploración que estarán relacionados con el tema de refrigeración.

Además de acotar los puntos de interés particular de la investigación, la Figura 20, hace el primer acercamiento a las tendencias en refrigeración.

A continuación se presenta una relación de cómo se abarcarán los puntos identificados en los mapas contextuales durante el desarrollo de **La Metodología**.

Introducción a los conceptos básicos	Antecedentes
Análisis técnico de principios tecnológicos	Estado del arte Innovación de componentes
Evolución de las tecnologías - Líneas del tiempo - Visor cónico	Antecedentes Estado del arte Prospectiva Tiempo
Tendencias	Prospectiva Criterio Probabilidad y estadística Moda Ecofriendly Control Cambio de paradigma Normatividad Conservación
Escenarios futuros	Prospectiva Criterio Tiempo Contexto Incertidumbre Predicción

Una vez identificados los temas de interés y cuál será su desarrollo a través de este proyecto, se puede iniciar con el análisis exploratorio. Los aspectos cubiertos fueron:

- Introducción a los conceptos básicos
- Análisis técnico de principios tecnológicos
- Evolución de las tecnologías

Introducción a los conceptos básicos

Anterior a la búsqueda de información acerca de un tema, es importante la familiarización del equipo de trabajo con los conceptos básicos relacionados a la investigación. Para este caso particular incluye la introducción a los conceptos básicos de refrigeración, termodinámica y compresión.

Análisis técnico de principios tecnológicos

Otro aspecto cubierto durante la etapa exploratoria del proyecto es la evaluación técnica de diversas tecnologías relacionadas con la refrigeración con el propósito de entender cómo funcionan y conocer cuáles son los principios físicos que permiten su funcionamiento.

El conocimiento de las tecnologías actuales permite entender el desarrollo que han tenido a lo largo del tiempo y los avances o mejoras que podrían tener en un futuro.

La metodología funcional fue la herramienta utilizada para realizar este análisis técnico. Los detalles de esta herramienta se encuentran detallados en el capítulo 2 Proceso de diseño.

Estos sistemas técnicos fueron elegidos ya que han sido utilizados en aplicaciones de refrigeración a lo largo de la historia, como se observó paralelamente con la exploración de la evolución tecnológica.

A continuación se presentan los seis diagramas funcionales que se desarrollaron a través de múltiples discusiones en equipo acerca del funcionamiento del compresor recíprocante, lineal, acústico, centrífugo, eyector y motor Stirling.

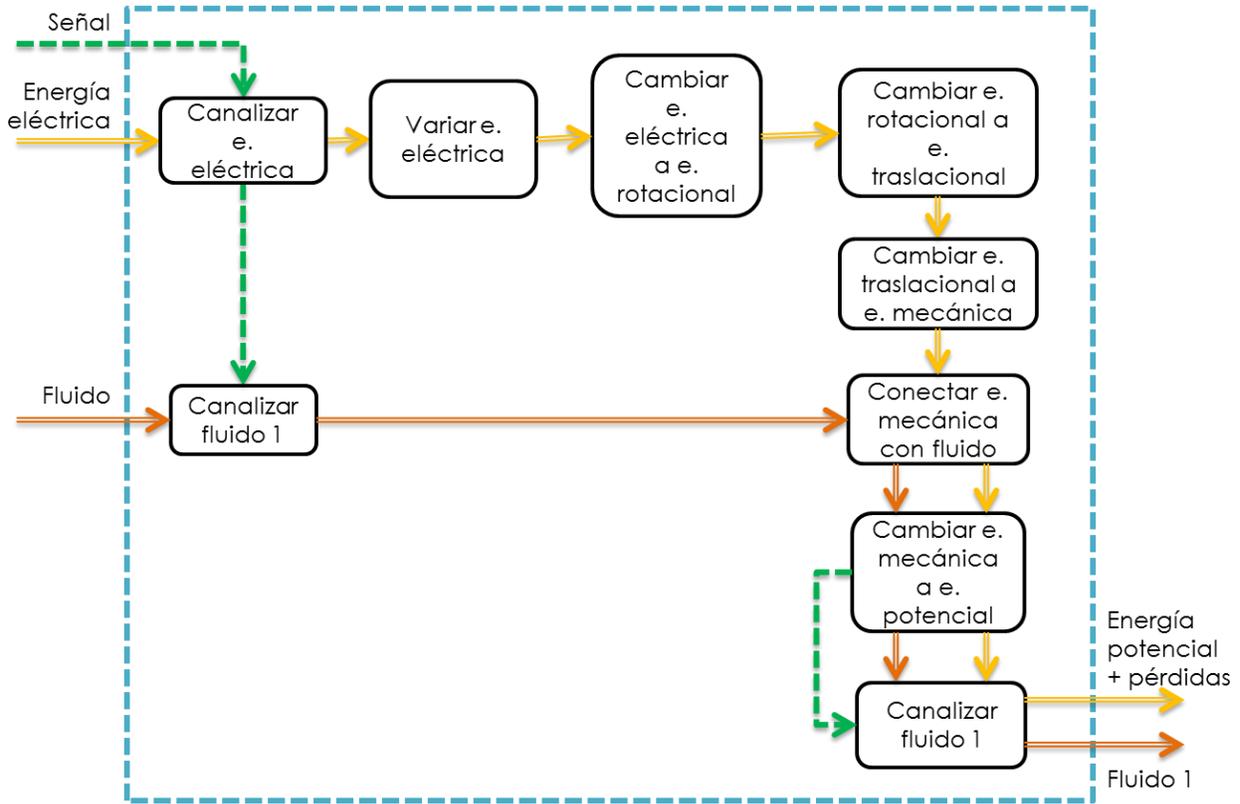


FIGURA 21 DIAGRAMA FUNCIONAL: COMPRESOR RECIPROCANTE

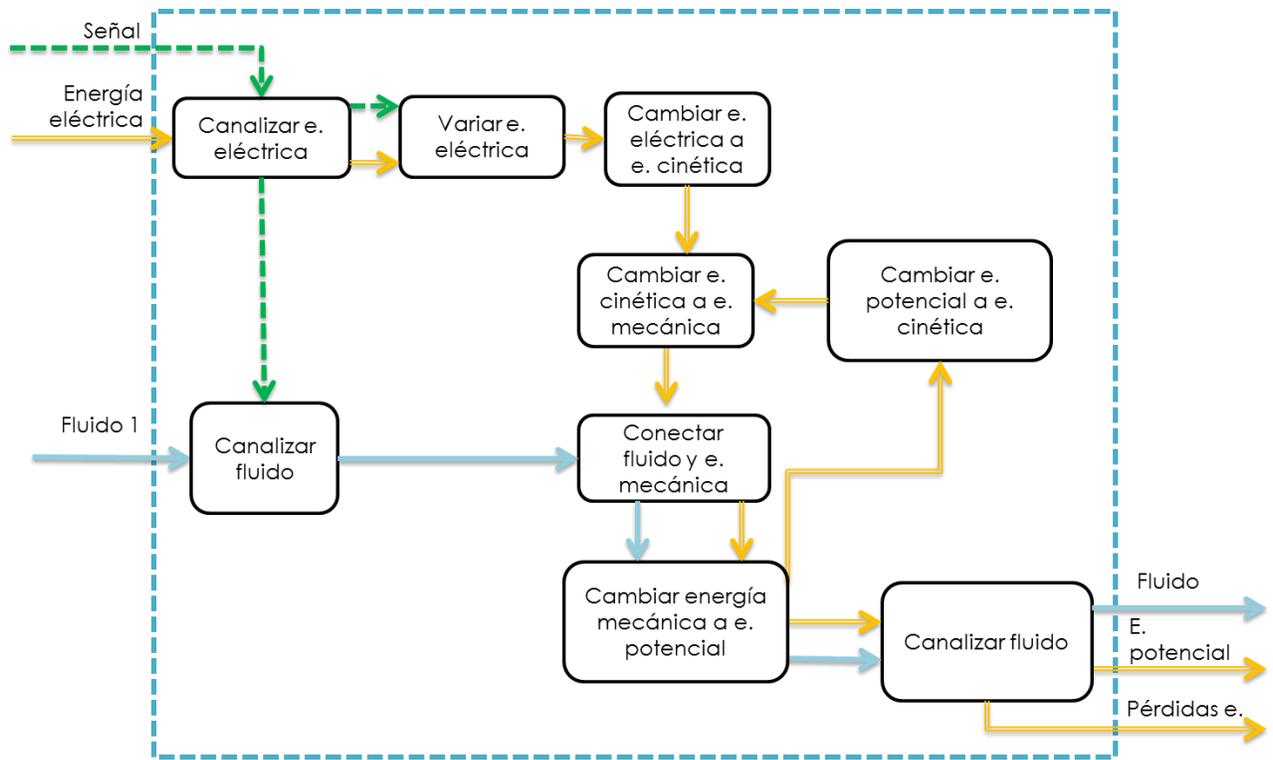


FIGURA 22 DIAGRAMA FUNCIONAL: COMPRESOR LINEAL

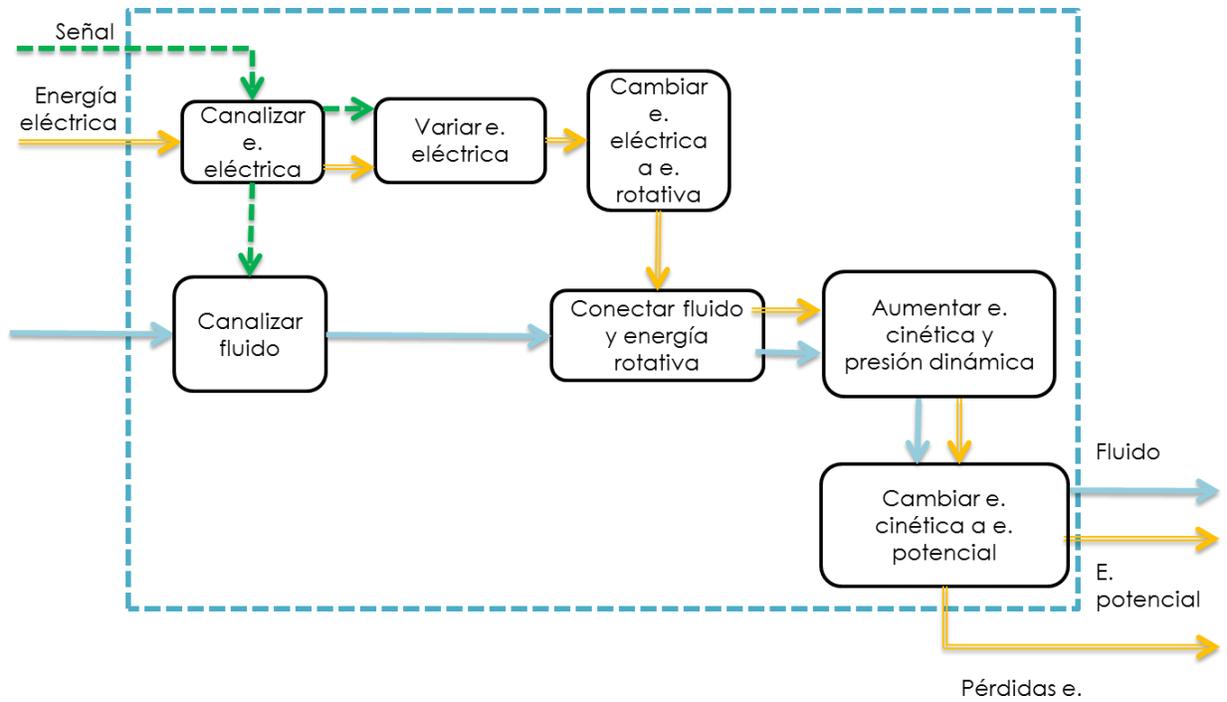


FIGURA 25 DIAGRAMA FUNCIONAL: COMPRESOR CENTRÍFUGO

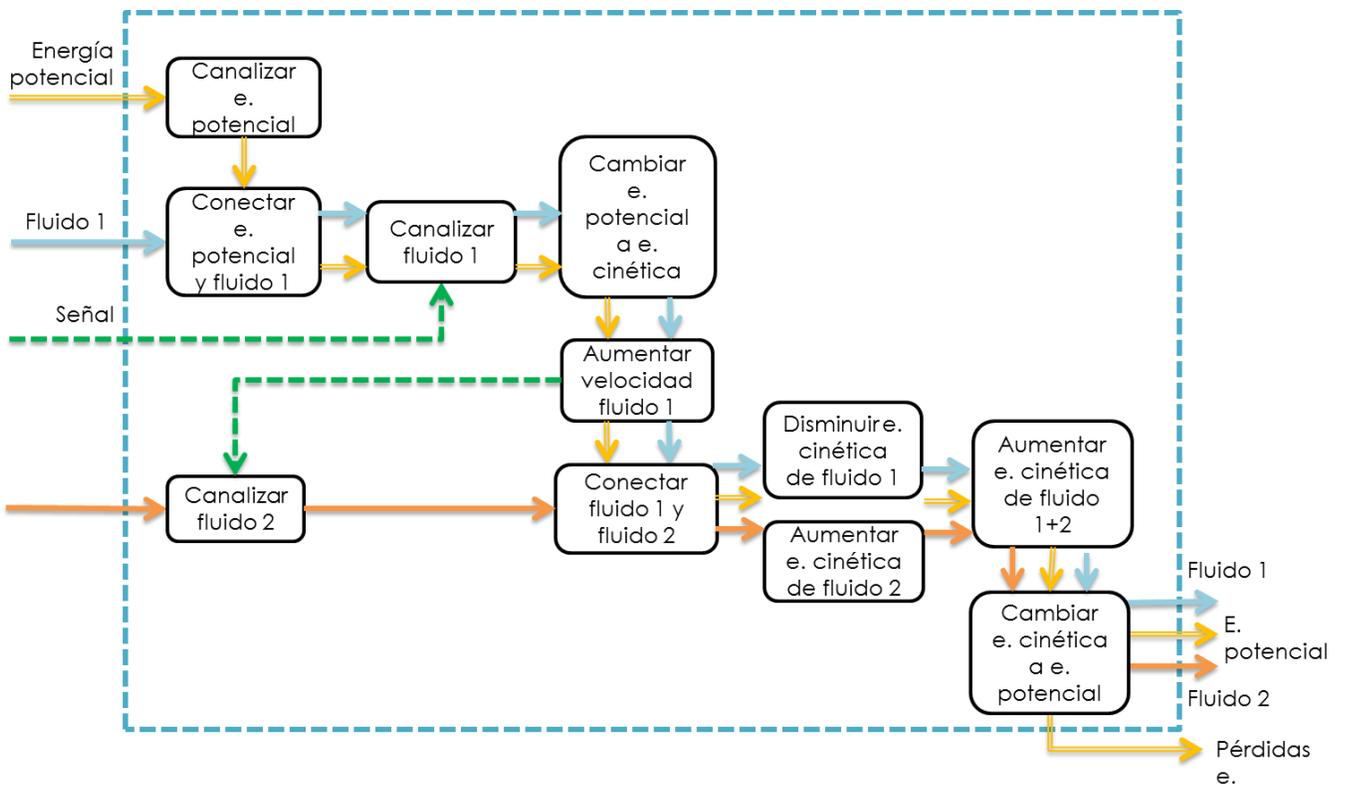


FIGURA 26 DIAGRAMA FUNCIONAL: EYECTOR

La creación de los diagramas anteriores nos permite la abstracción de los principios físicos relacionados con cada una de las tecnologías analizadas.

El análisis funcional posee múltiples propósitos, generalmente se destina al diseño conceptual de sistemas técnicos. En el caso de este análisis, la función principal es el conocimiento y exploración de las funciones básicas que rigen el funcionamiento de los dispositivos relacionados con compresión en un refrigerador.

A partir de esta abstracción se pueden crear conclusiones generales relacionadas con los cambios energéticos y funciones presentes en los dispositivos analizados.

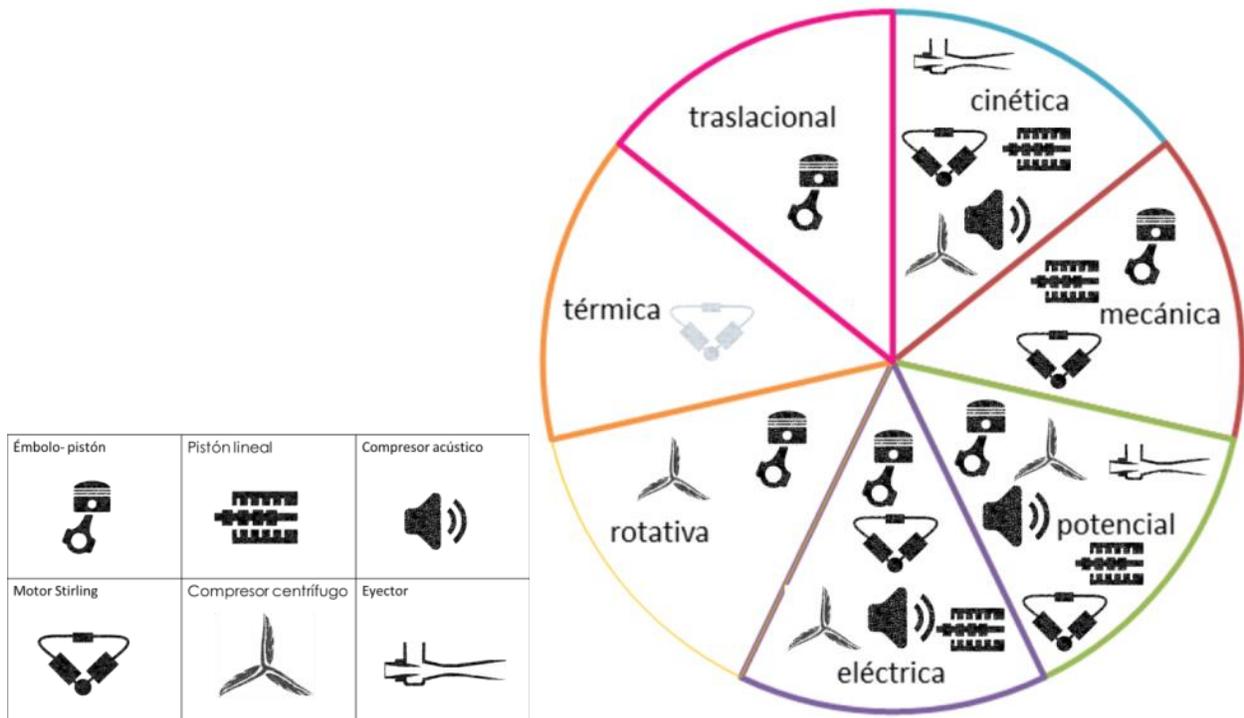


FIGURA 27 ANÁLISIS ENERGÉTICO COMPARATIVO

La Figura 27 nos presenta una comparación entre los tipos de energía utilizados en diferentes tecnologías de compresión. El tipo de energía considerado para este análisis es el correspondiente al flujo energético principal, es decir, de donde se obtiene la energía necesaria para realizar el trabajo.

La mayor carga del gráfico está destinada a la energía potencial y eléctrica. La energía potencial es el resultado de mayor interés para cubrir con los requerimientos de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor, la energía eléctrica en este caso representa la oportunidad de este proyecto cuya directriz es la disminución de consumo energético.

La reducción energética no solo implica que el recurso energético primario no sea energía eléctrica, sino también la reducción del número de conversiones energéticas que se llevan a cabo dentro de un proceso. Cada conversión, es decir cada función representada dentro de un diagrama funcional implica una pérdida energética, por ello resulta importante la obtención del trabajo requerido por el camino más simple y directo, es decir con el menor número de funciones y conversiones posible. A continuación se presentan dos gráficos, el primero indica el número de cambios energéticos en cada diagrama funcional y el segundo el número de funciones contenidas para cada tecnología.

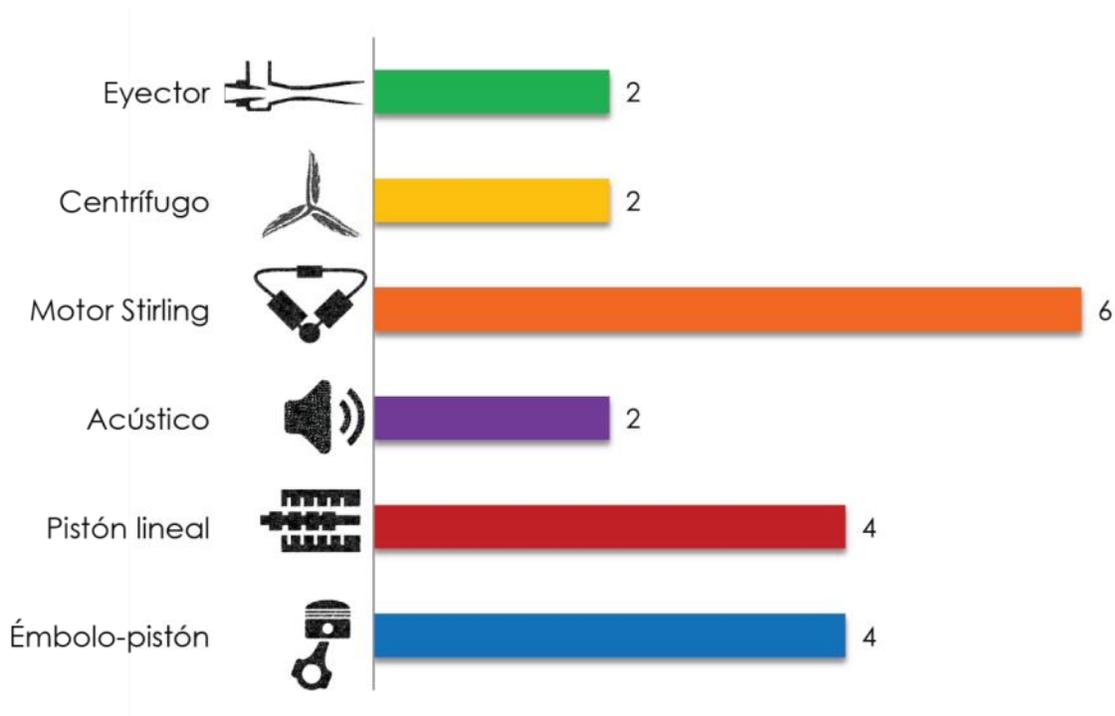


FIGURA 28 ANÁLISIS FUNCIONAL, CAMBIOS ENERGÉTICOS

La Figura 28 indica al motor Stirling como el poseedor del mayor número de cambios energéticos, es importante considerar que el motor Stirling incluye dentro de su funcionamiento un proceso mecánico y uno térmico, esto nos ahorra el uso de dispositivos térmicos dentro de un ciclo de refrigeración.

Resulta difícil juzgar a un dispositivo técnico exclusivamente por el número de cambios energéticos que contiene su función principal. Como lo observamos para el motor Stirling, se debe hacer un análisis más profundo para concluir que tipo de tecnología es conveniente para una aplicación específica, de cualquier manera este análisis general presenta un indicativo de la complejidad de cada dispositivo.

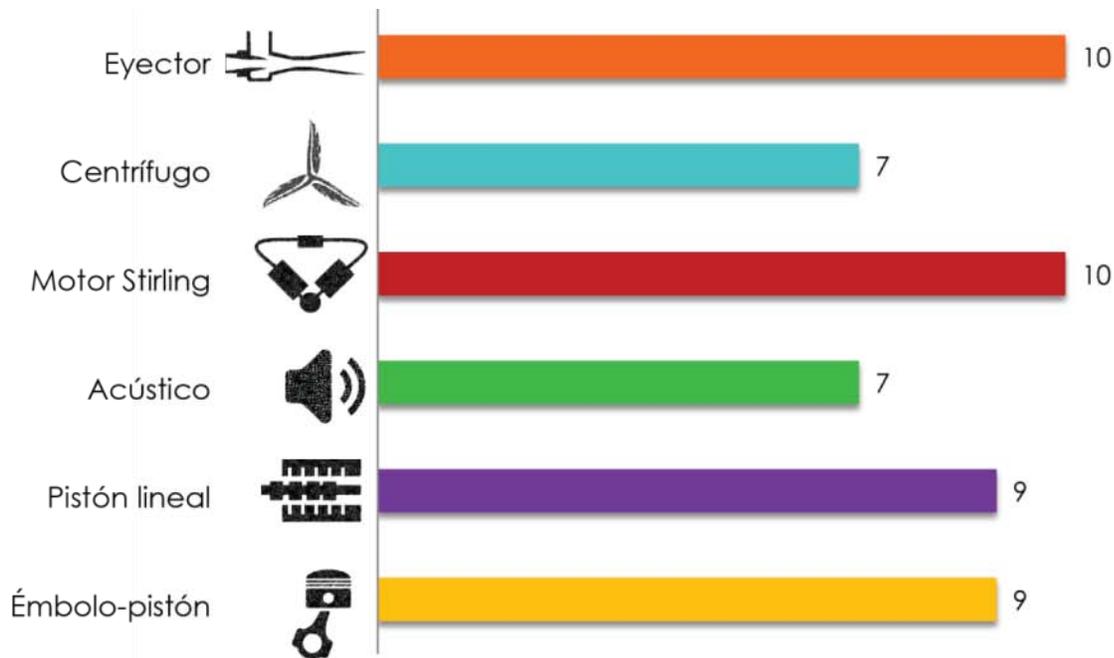


FIGURA 29 ANÁLISIS FUNCIONAL, NO. DE FUNCIONES

La Figura 29 nos permite la deducción de la complejidad de los dispositivos basado en el número de subfunciones contenidas en la función principal o diagrama funcional. Se obtienen resultados distintos a los de la Figura 28, ya que este análisis incluye a las funciones que no están relacionadas con un cambio energético, es decir, se incluyen todos los sub-procesos realizados durante el funcionamiento del dispositivo.

Se observan cambios notorios como el del eyector, que aumenta en grado de complejidad debido al manejo de dos fluidos de trabajo en lugar de un fluido singular como las demás tecnologías.

Para los compresores de pistón ahora resulta evidente la necesidad de sistemas secundarios dedicados a la canalización del fluido de trabajo o transmisión de energía.

El motor Stirling conserva el puesto de mayor complejidad, lo cual nos indica que el sistema debe ser utilizado dentro de un proceso donde un dispositivo termo-mecánico represente una ventaja a pesar de la complejidad de su funcionamiento.

El análisis de diversas tecnologías de compresión a partir de las herramientas propuestas en el análisis funcional permitió al equipo adentrarse en el aspecto técnico y funcional de las tecnologías en uso.

Resulta vital además de la introducción a los conceptos básicos, conocer el funcionamiento básico de la tecnología durante la fase exploratoria, ya que este conocimiento nos permite entender el desarrollo tecnológico a través del tiempo e identificar los principios físicos que se han utilizado para la generación de diferencias de presión aprovechables para un proceso de refrigeración.

Desde el origen hasta el estado del arte: Evolución de las tecnologías

Para el análisis de la evolución a través del tiempo, el equipo generó líneas del tiempo que muestran los cambios experimentados por diversas tecnologías durante un periodo de tiempo, esta representación permitirá observar patrones de cambio en el desarrollo tecnológico.

El equipo desarrolló cinco líneas del tiempo presentadas en el Anexo 1, a continuación se presentan las ideas principales obtenidas de su análisis, las cuales servirán de base para las siguientes etapas de exploración y análisis.

- Desde hace tiempo se ha considerado la mejora de la eficiencia de sistemas técnicos como un área de oportunidad para la aplicación del control automático.
- El cambio de un método de control on-off a controles variables y adquisición de datos en vivo, son tendencias que se aplican en la tecnología actual.
- La optimización de subsistemas para lograr un resultado a nivel sistema. Las mejoras de diseño de detalle, sistemas de manufactura y de modelos matemáticos junto con la evaluación de pérdidas, se han aplicado recurrentemente como métodos de mejora de eficiencia a corto plazo.
- Los sistemas de tipo térmico han aparecido a lo largo de la historia como alternativa para los sistemas de refrigeración y otras aplicaciones.
- El desarrollo de la tecnología de compresión siempre ha dependido del desarrollo tecnológico de otras industrias, por ejemplo aviación e industria automotriz.
- La adaptación de tecnologías de industrias similares ha provocado el uso de sistemas multietapas para lograr las condiciones requeridas para un sistema de refrigeración.
- Al notar que la evolución de la tecnología de refrigeración depende de factores internos y externos podemos reconocer la necesidad de investigar las tendencias de otras industrias relacionadas con la refrigeración a lo largo de la historia.
- Se ha retomado el estudio de principios del pasado para desarrollarlos usando la tecnología actual.

Las líneas del tiempo son una de las herramientas de análisis de información utilizadas para la organización de la información temporal del proyecto. Al realizarlas se identificaron algunos patrones y la necesidad de un análisis panorámico que incluya el desarrollo de diversos aspectos relacionados a través del tiempo.

Retomando la información del capítulo 2. Proceso de diseño, la siguiente herramienta a utilizar será el visor cónico. Tal como lo requiere el curso de la investigación, el visor cónico nos ofrecerá una vista panorámica que combina eventos de distinta naturaleza para identificar patrones de cambio y realizar proyecciones a futuro.

Parte de los eventos encontrados en el visor corresponden a la información de las líneas del tiempo y el resto a la investigación de datos de distintas industrias y campos relacionados con la segmentación temporal de la herramienta.

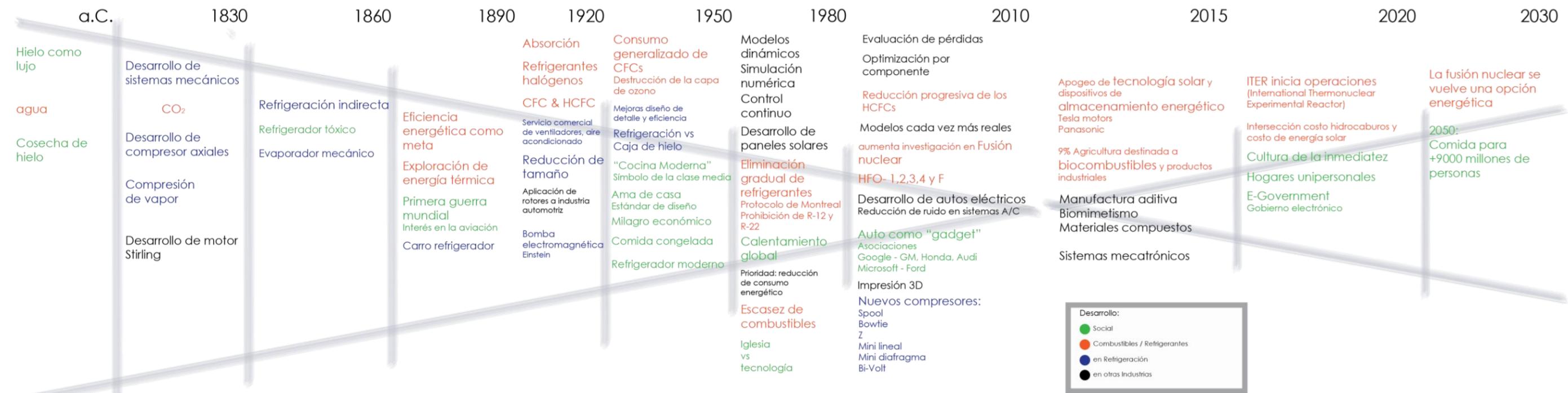


FIGURA 30 VISOR PANORÁMICO: COMPLETO

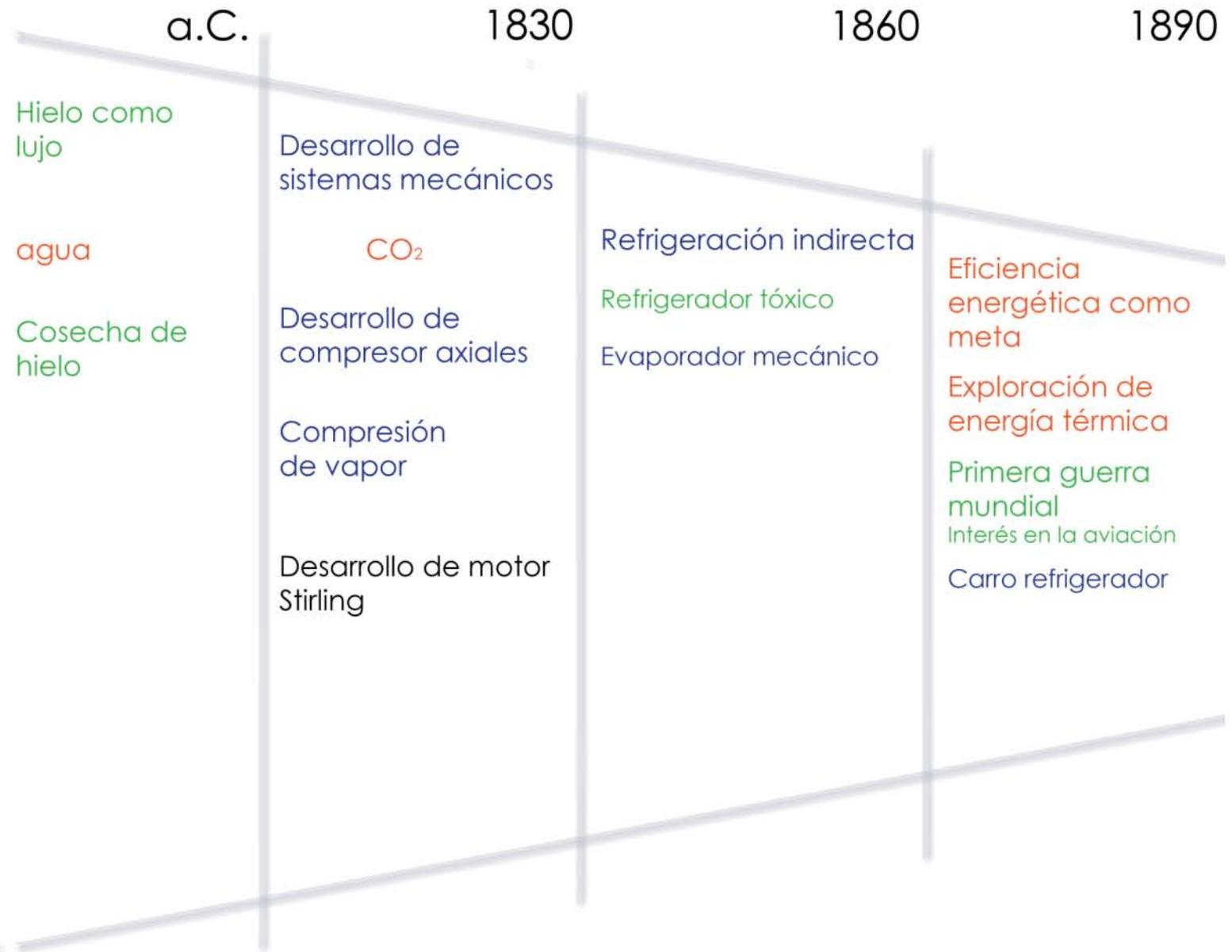


FIGURA 31 VISOR PANORÁMICO: PASADO

FIGURA 32 VISOR PANORÁMICO: PRESENTE

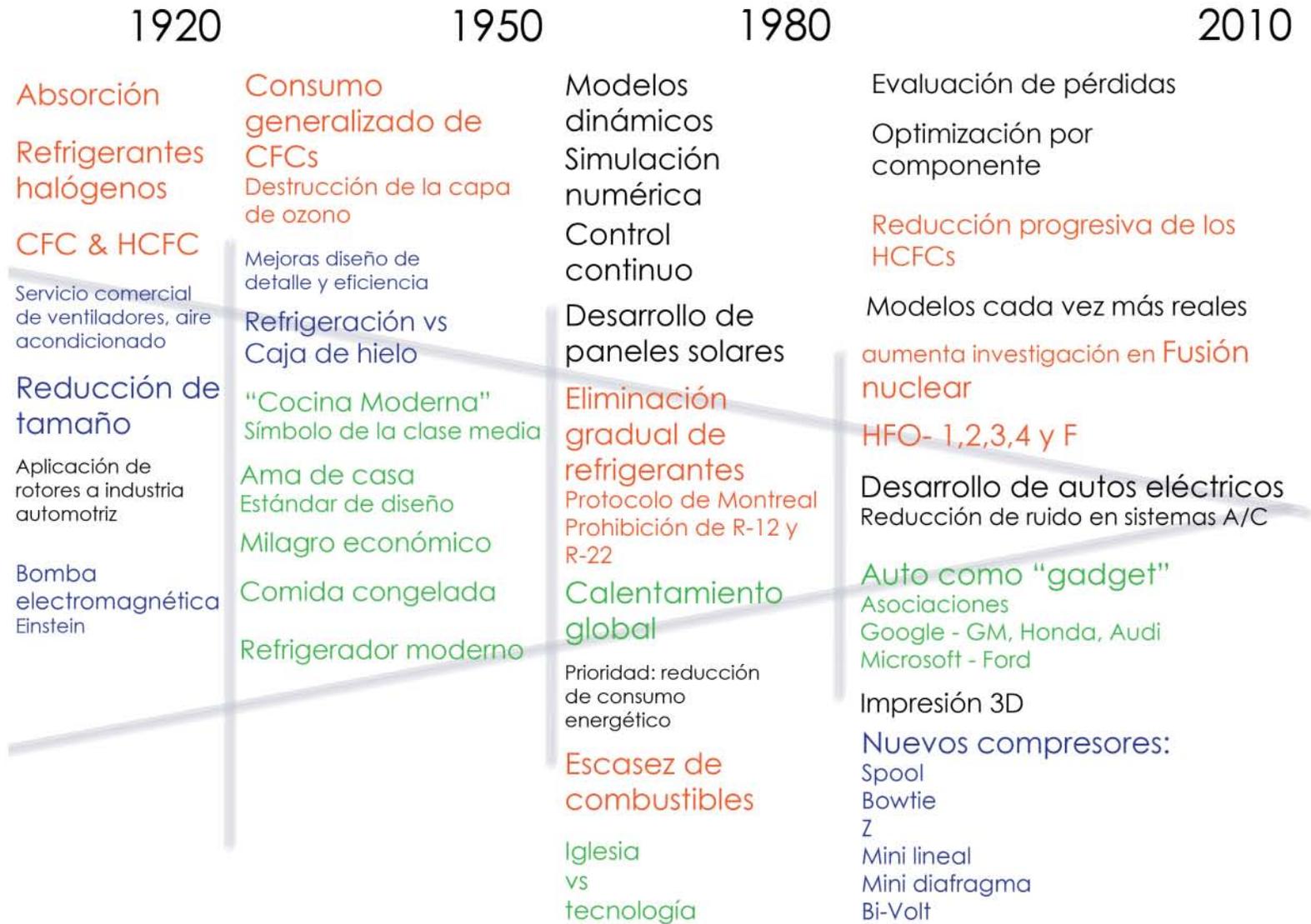
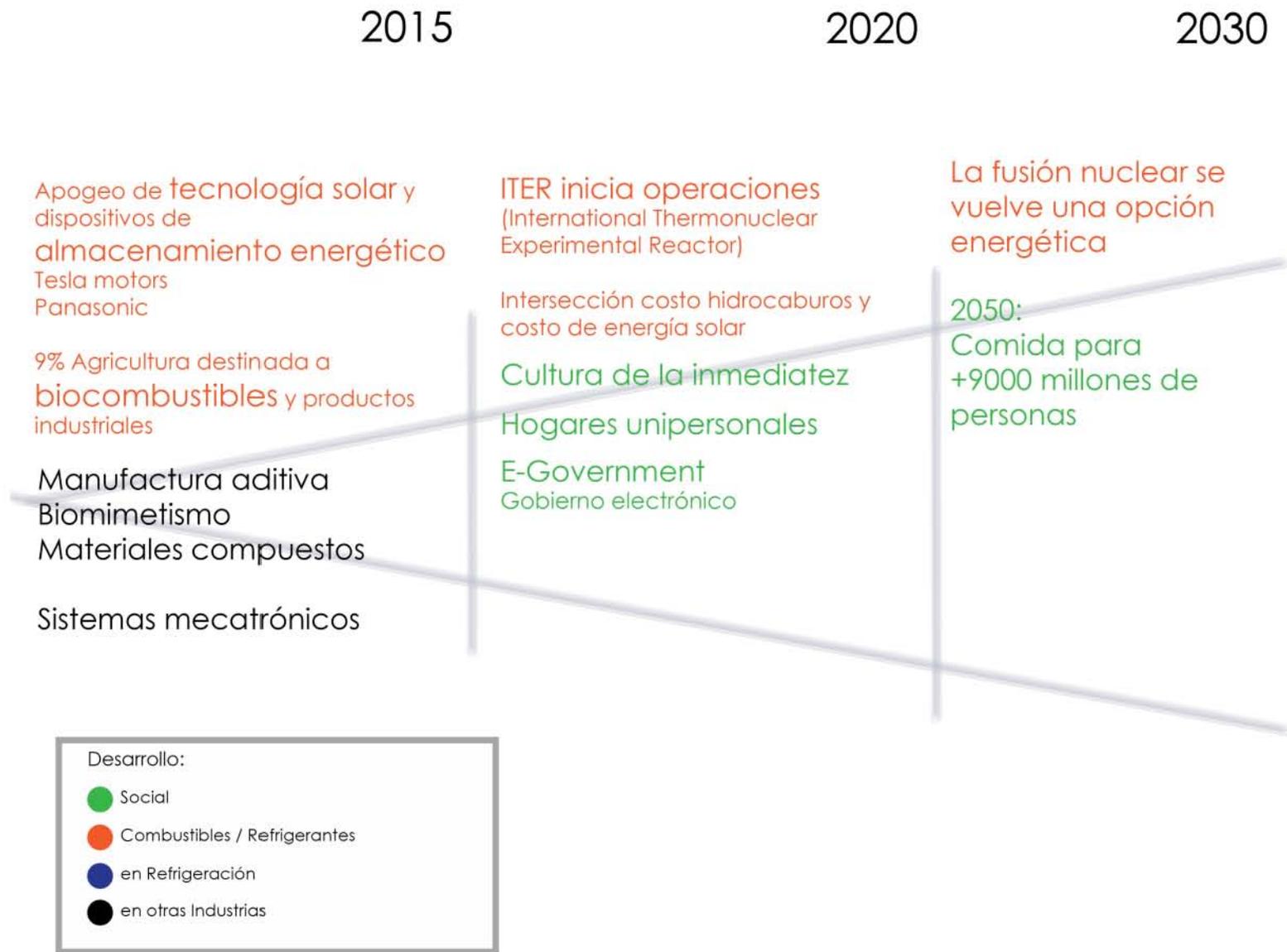


FIGURA 33 VISOR PANORÁMICO: FUTURO



Después del análisis del visor panorámico se obtuvieron las siguientes conclusiones, las cuales serán analizadas para la obtención de tendencias concretas en el siguiente capítulo:

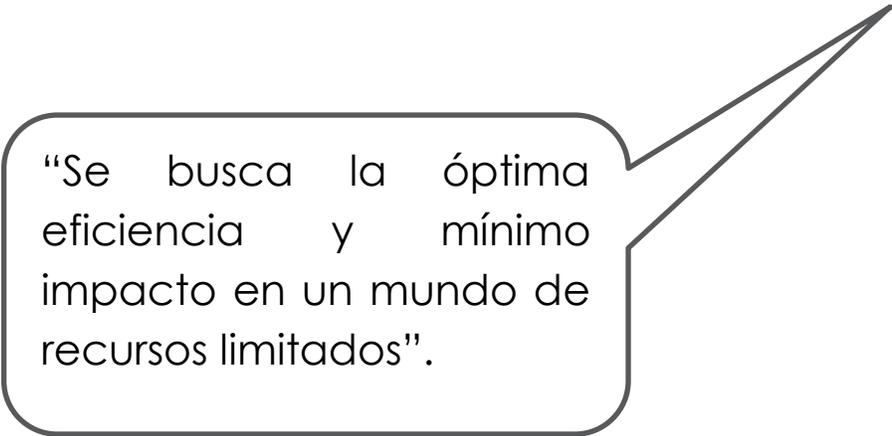
- El desarrollo de la tecnología no es lineal, por lo tanto no debe analizarse como tal.
- A partir del diagrama podemos hacer una definición de tendencia. Tendencia será el conjunto de factores de diversa naturaleza que interactúan entre sí y definen un patrón durante un periodo de tiempo determinado.
- Se han combinado eventos relacionados con industrias distintas, ya que como se observó durante el análisis de las líneas del tiempo, el desarrollo de la industria de la refrigeración depende del desarrollo de tecnología en otras áreas.
- El desarrollo de la tecnología también depende de la visión de la gente del mundo, la cual va cambiando a través del tiempo.
- Existen dos formas de innovación a lo largo del tiempo, unas son inversiones a corto plazo, es decir optimización y mejoras; la segunda es una inversión a largo plazo y consiste en la búsqueda de nuevos principios.
- La evaluación de diversos panoramas da pie al acercamiento y definición de las tendencias en distintos campos de interés: alimentación, fuentes energéticas, procesos de manufactura, materiales y nuevas tecnologías.

La visualización de información de manera panorámica permite la comprensión de los sucesos tecnológicos dentro de un contexto temporal y diverso.

La realización del visor panorámico y el objetivo del proyecto nos guían a ejecutar un acercamiento a los segmentos proyectados de los años 2015 a 2030, de manera que el equipo posea la información para poder realizar una propuesta más concreta acerca de una proyección futura. En el siguiente capítulo se realiza un desglose de las tendencias de diversos campos de estudio contenidos dentro de la etapa de exploración.

3.3

TENDENCIAS



“Se busca la óptima eficiencia y mínimo impacto en un mundo de recursos limitados”.

3.3 TENDENCIAS

A partir del estudio del pasado y del presente se pueden realizar proyecciones al futuro. En el capítulo anterior 3.2 Exploración y análisis, se realizó una proyección dentro del visor cónico donde se mostraron las primeras proyecciones de datos en un futuro a largo plazo.

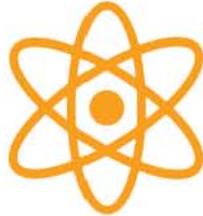
Al final del capítulo antes mencionado, se crea una definición de tendencia para efectos del proyecto. Tendencia, por lo tanto, será el conjunto de factores de diversa naturaleza que interactúan entre sí y definen un patrón durante un periodo de tiempo determinado. A partir de las tendencias identificadas en la actualidad, se pueden hacer proyecciones de eventos futuros.

A través de diversas opiniones analizadas por el equipo de diseño, se determinó la necesidad de particularizar la investigación de estado del arte y perspectivas futuras a aspectos de gran influencia en el presente tecnológico, es decir, a tendencias concretas. Existen múltiples empresas dedicadas al estudio de tendencias y proyecciones futuras, por ejemplo, Unilever, General Electric y Ford, estas investigaciones sirvieron de base para el presente capítulo.

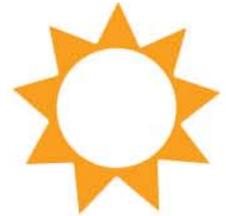
Las tendencias presentadas, son resultado del estudio de los motores de cambio en el complejo mundo del desarrollo tecnológico y serán utilizadas para la siguiente etapa de proyección al futuro.



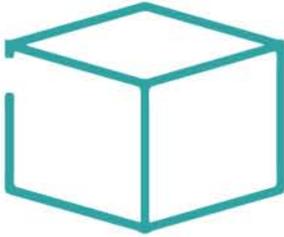
ALMACENAMIENTO
ENERGÉTICO



FUSIÓN
NUCLEAR



ENERGÍA
SOLAR



IMPRESIÓN 3D



BIOMIMETISMO



MATERIALES
COMPUESTOS



GO BLUE



GO GREEN



SOBREPOBLACIÓN



IMPACTO
AMBIENTAL



ESCASEZ
RECURSOS

FIGURA 34 TENDENCIAS

Tendencias energéticas y de recursos

El desarrollo tecnológico, los cambios en el medio ambiente y las reformas constantes a las legislaciones en turno se han inclinado por la disminución en el impacto ambiental y el consumo energético, en la actualidad, se desarrollan y utilizan recursos tecnológicos orientados a estos cambios.

La información siguiente, presenta una selección de las aplicaciones e investigaciones realizadas en torno al tema de la eficiencia energética y utilización de recursos. Se incluyen las nuevas opciones que han surgido relativas a la obtención de energía y que se proyectan como opciones energéticas a corto plazo.

Recursos energéticos



ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO

(Tesla Motors 2013)

Con la construcción de un mega complejo industrial en el año 2015, Tesla Motors busca abarcar la producción global de baterías para el año 2020. Este desarrollo implica la proyección de la compañía para el continuo desarrollo de dispositivos de almacenamiento energético por los próximos 6 años.

(Panasonic 2014)

Desarrollo de sistemas energéticos de respaldo para mejorar la eficiencia de los vehículos "Idle-stop", es decir, autos con sistemas de encendido-apagado diseñados para disminuir consumo energético mientras se encuentran detenidos. Estos sistemas de respaldo son baterías NI-MH que aún no superan el desempeño de las baterías de plomo pero alargan su vida útil.

(BMW 2014)

Desarrollo de súper-capacitores como la mejor opción para su uso en sistemas dinámicos.



(ICN-UNAM 2014)

Tokamak aparato de confinamiento magnético utilizado para lograr fusión nuclear en condiciones controladas. Se han logrado reacciones de fusión que requieren mayor energía que la obtenida.

ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) en Cadarache, Francia es un proyecto internacional para la construcción de un reactor de fusión nuclear que iniciará operaciones en 2020.

DEMO, proyecto paralelo a ITER que busca la contribución con energía nuclear para la red eléctrica.

Avances de producción de energía nuclear por confinamiento inercial en el National Ignition Facility (NIF) en California, EUA.



(Michio Kaku 2011)

Actualmente existe una batalla entre diferentes recursos energéticos, la diferencia de costos y eficiencia han provocado la utilización de mezclas de diferentes fuentes energéticas con la creación de dispositivos híbridos que seguirán en desarrollo durante la próxima década.

El costo de la energía solar disminuye cada año mientras que el costo de obtención de combustibles fósiles incrementa, lo cual llevará a una intersección de costos dentro de los próximos 15 años. En este momento, la energía solar se vuelve una energía competitiva que tendrá que enfrentarse contra la opción de la energía nuclear, que es limpia.



(Cinco pasos para alimentar al mundo, Jonathan Foley, 2014)

La agricultura se cuenta entre los mayores contribuyentes al calentamiento global y emite más gases de invernadero que todos nuestros autos, camiones, trenes y aviones combinados.

Actualmente alrededor de un 9% de las calorías cultivadas se convierten en biocombustibles y productos industriales. Estimando que para el 2050 la producción agrícola necesitará duplicarse para alimentar a una población mundial mayor a 9000 millones de personas, la limitación del uso de cultivos alimentarios para biocombustibles se presenta como una alternativa para mejorar la disponibilidad de alimentos.

(The United Nations World Water Development Report, 2014)

La producción de alimentos y la cadena de suministro representan aproximadamente un tercio del total del consumo mundial de energía.

Para el 2035 se espera un incremento del 30% en la demanda global de energía, con China, India y países del Medio Oriente representando el 60% del aumento.

Se espera un crecimiento del 70% en la demanda eléctrica para el 2035. Con India y China representando más del 50% de este crecimiento.

A partir del previo estudio de investigaciones tecnológicas y el panorama futuro de diversas empresas, como se presentó en las páginas anteriores, se definió el siguiente diagrama de la evolución futura de las principales fuentes energéticas utilizadas hasta el día de hoy.

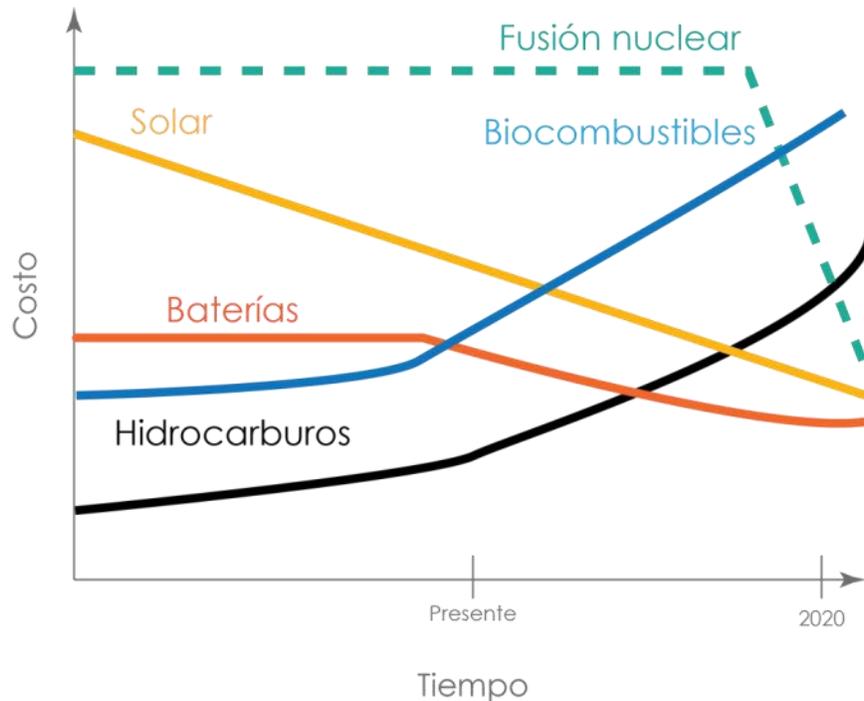


FIGURA 35 EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

El desarrollo energético futuro, Figura 35, ofrece un panorama alentador para el impulso de nuevos recursos energéticos. Con la creciente alza del costo de la obtención energética de combustibles fósiles, biocombustibles y el incremento anual en la producción masiva de dispositivos solares, existe un punto en el futuro donde los costos de ambas energías se intersectan. De manera paralela el desarrollo de dispositivos de almacenamiento energético como las baterías, ha ido al alza impulsada por las industrias dedicadas al desarrollo de productos móviles que requieren sistemas energéticos portables, por ejemplo telefonía e industria automotriz. A pesar de que el almacenamiento energético no es una fuente energética como las demás, se encuentra estrechamente ligado al desarrollo de las energías alternativas como la energía solar, la cual no se encuentra disponible todo el tiempo.

Se presenta también el panorama de la energía por biocombustibles. A pesar de la investigación creciente en la adaptación de máquinas, generalmente de combustión interna, para trabajar con combustibles de origen biológico, su producción se encuentra limitada, entre otras, a la producción agrícola y gran abastecimiento de agua. Los impactos locales y regionales de la producción de biocombustibles deben considerarse ya que este tipo de energía destaca entre las que requieren el mayor consumo de agua para su producción.

El incremento de la población mundial provocará la limitación de los recursos agrícolas y acuíferos lo cual tendrá como consecuencia el alza de costos de los biocombustibles y por lo tanto un panorama poco alentador como una fuente energética en el futuro.

Una quinta línea de desarrollo se presenta en la Figura 35 Evolución de los recursos energéticos, representa a la fusión nuclear y se encuentra punteada indicando la falta de aplicaciones comerciales relacionadas con ella. A pesar de las limitaciones, el uso de energía por fusión nuclear se postula como una de las posibilidades comerciales en un lapso de 20 años.

Cada una de las nuevas alternativas energéticas presenta ciertas ventajas y desventajas, entre ellas se destaca la portabilidad de las baterías y las celdas solares a pesar de que sus materiales se convierten en desechos tóxicos una vez terminado su periodo de vida útil. La fusión nuclear por su parte, se presenta como una alternativa limpia y promete un abastecimiento a gran escala a pesar de que no se han definido sus alcances en cuanto a portabilidad.

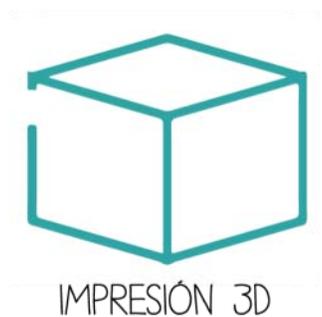
Enfocados en el panorama optimista de las energías solar y nuclear y del avance tecnológico orientado al almacenamiento energético, se postulan las primeras tendencias energéticas: la energía solar, la energía nuclear y el almacenamiento energético. El éxito de estas nuevas tecnologías recae directamente en la escasez de los recursos energéticos mayoritarios, es decir, el aumento en costos de los hidrocarburos y el agua.

Tendencias en Materiales y Manufactura

A través del análisis de diversas fuentes informativas, se puede concluir que existe una fuerte corriente biológica influenciando el desarrollo de la industria de materiales y procesos de manufactura. Los diversos campos de aplicación de los proyectos investigados han permitido clasificar estas líneas de desarrollo en 3 tendencias generales:

1. Manufactura aditiva
2. Biomimetismo
 - a. Biología sintética
 - b. Biosistemas y computación
3. Materiales compuestos

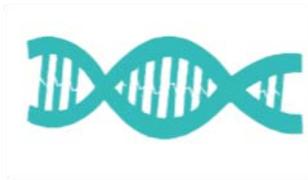
A continuación se explica en qué consiste cada una de estas tendencias y algunos de los institutos o empresas que se encuentran trabajando en ellas.



Manufactura aditiva

La manufactura aditiva también conocida como impresión 3D, es uno de los métodos que ha extendido su uso de la creación de prototipos con resinas, hasta la impresión de casas de concreto o la impresión de tejidos vivos (Forbes, 2014).

El desarrollo creciente y acelerado de la impresión la coloca como una de las tecnologías que pretende establecerse como el medio principal de manufactura en los próximos años. Uno de los ejemplos del desarrollo de bioimpresión, es la asociación entre Autodesk y Organovo, empresa dedicada a la impresión de tejidos vivos.



BIOMIMETISMO

El biomimetismo es una corriente que fomenta el análisis de patrones biológicos de todo tipo con la finalidad de replicarlos en sistemas tecnológicos.

Como lo afirma Tom Tyrrel, fundador y director ejecutivo de Great Lakes Biomimicry, "Este campo está emergiendo. El instituto Fermanian de la Universidad Nazarene estima que para el 2025 el biomimetismo representará \$300 mil millones del producto interno bruto de Estados Unidos, representando \$1 billón del producto interno bruto global" (Forbes, 2014).

Existen empresas dedicadas al desarrollo de tecnología con patrones biológicos, una de ellas es la empresa global Biomimicry 3.8 dedicada a la consultoría, capacitación y entrenamiento educativo acerca del diseño biomimético. Algunos de sus clientes y colaboradores son Colgate-Palmolive, Levi's, Nike, Natura, IDEO, entre otras (Biomimicry Group, 2014).

Las instituciones educativas también dedican parte de su presupuesto al desarrollo de tecnología biomimética, ejemplo de ello es la universidad de Akron, US que ha invertido más de \$4.25 millones de dólares en investigación e innovaciones relacionadas con biomimetismo involucrando a compañías como Sherwing-Williams (Forbes, 2014).

Los estudios en biomimetismo poseen múltiples ramas de investigación y aplicación, dentro de esta tendencia se han identificado dos ramas: biología sintética y Biosistemas y computación.

La biología sintética se desempeña como el desarrollo de estructuras a microescala, esto incluye la investigación en nanoestructuras.

El Columbia Living Architecture Lab es uno de los centros de investigación interesados en esta corriente, unos de sus trabajos se focaliza en la manufactura bacteriana, la cual modifica la información genética de bacterias para la creación de materiales durables de aplicación industrial.

La imitación de sistemas biológicos ha dado pie al desarrollo de robustos sistemas computacionales que puedan controlar los procesos llevados a cabo, dada esta necesidad se ha identificado al trabajo conjunto de la biología y computación como una de las ramas principales de investigación del biomimetismo.

La mayoría de los estudios relacionados a esta rama, se han concentrado en el desarrollo de aplicaciones a macroescala que combinen aspectos biológicos y computacionales, a efecto de crear la reproducibilidad de comportamientos o estructuras biológicas. La reproducibilidad permite la programación de una tarea y la ventaja de automatizar y controlar el proceso.

La robótica de enjambre, una de las direcciones de aplicación de la fusión entre biología y computación, se refiere al desarrollo de robots-insecto que imitan dinámicas de grupo como las de corales, enjambres o colonias de termitas. La universidad de Harvard, por ejemplo, ha creado un proyecto denominado Robobees; el objetivo de este proyecto es el desarrollo de abejas robóticas con aplicaciones en la agricultura, operaciones de rescate, mapeos y aplicaciones militares (Harvard University, 2014).

Otra de las vertientes de la robótica y biología, es el estudio de las estructuras biológicas como patrón para la construcción de estructuras a gran escala. Existen ya universidades dedicadas a la construcción de pabellones experimentales que tienen como objeto la validación de estructuras basadas en principios biológicos, dos de estas son el MIT Instituto Tecnológico de Massachusetts en Estados Unidos y la Universidad de Stuttgart en Alemania. Esta última, posee un proyecto anual para la fabricación de un pabellón cuya construcción se basa en la copia de una función o estructura biológica, este proyecto se realiza con el trabajo conjunto de distintos institutos y con el patrocinio de grandes empresas como Competence Networks Biomimetics, KUKA Roboter GmbH, SGL Group, Sika y AFBW.



(Instituto de Estructuras de la Edificación y Diseño Estructural, ICD/ITKE Universidad Stuttgart, 2013)

A través de los últimos años se hace evidente el uso de materiales compuestos para aplicaciones industriales. Inicialmente, durante la década de los 50s, estos materiales fueron utilizados para la industria aeronáutica y automotriz pero actualmente su uso se está extendiendo a todas las aplicaciones industriales.

Los materiales compuestos de fibra, resultan ventajosos para obtener una mejora en las propiedades mecánicas de un material, sin perder las características relevantes de los materiales en combinación.

Como se mencionó en el apartado anterior de tendencias energéticas existe un periodo de transición entre las nuevas y viejas tecnologías, este periodo de transición implica la creación de aplicaciones híbridas que incluyan las características de interés de ambas.

En el desarrollo de materiales, la creación de materiales compuestos ha permitido la selección de las propiedades de interés, de manera que un material compuesto se crea para cumplir con los requerimientos de una aplicación específica.

El uso extendido de materiales compuestos y la corriente biológica que encabeza el desarrollo tecnológico de materiales y procesos, ha fomentado la composición de materiales orgánicos e inorgánicos y el desarrollo de materiales sintéticos. Ejemplos de este desarrollo son los siguientes: Shrilk, polímero natural de proteína de seda y cáscara de camarón (Hopperton, 2012). Bioplásticos con cáscara de plátano: Feria de ciencias de Google (Hopperton, 2013). Spiber: seda de araña artificial (Hopperton, 2013).

Otras tendencias



(Cinco pasos para alimentar al mundo, Jonathan Foley, 2014)

Para 2050, la población mundial quizá aumentará en aproximadamente 35%, más de 9000 millones de personas. Para alimentar a esa población la producción agrícola necesitará duplicarse.

(La solución urbana, Robert Kunzig, 2011)

Las ciudades producen más porque la ausencia de espacio entre la gente reduce los costos de transporte de bienes, personas e ideas. Las ciudades densas suelen emitir menos CO₂ por persona que el promedio nacional, los asentamientos densos emiten menos que los aislados y extensos. Las ciudades permiten a la mitad de la humanidad vivir en alrededor de 4% de la tierra arable, dejando más espacio para el campo abierto.

(The United Nations World Water Development Report, 2014)

El futuro del consumo de agua y energía de una nueva ciudad o una ciudad en expansión, se puede reducir durante las etapas tempranas de planeación a través del desarrollo de asentamientos compactos y la inversión en sistemas integrados de administración de agua.



El 70% de nuestro cuerpo es agua al igual que el 70% de la superficie terrestre.

Del 70% de agua en el planeta, el 97% es salada y se encuentra en los océanos; el 3% restante es agua dulce, y de esta última, el 2% es hielo y menos del 1% está disponible para el consumo humano. La administración de este 1% es crítica para dar abastecimiento a la población mundial.

Para dar solución a este problema existen foros y organismos internacionales, como el Foro Mundial del Agua realizado cada 3 años donde se pactan y realizan políticas mundiales en torno al tema del agua. Durante este foro se buscan soluciones económicas, políticas y tecnológicas, específicas para cada una de las regiones del mundo.

(Unesco, 2014)

El 70% de la extracción de agua a nivel global, es empleado en la agricultura.

La demanda global de agua (en términos de extracción) está proyectada para aumentar un 55% en 2050, principalmente por el incremento en la demanda de sus aplicaciones como manufactura (400%), generación termoeléctrica (140%) y uso doméstico (130%). Como resultado, la disponibilidad de agua dulce se verá seriamente afectada durante este periodo, más del 40% de la población global vivirá en áreas de escasez de agua para el año 2050.

(Looking further with Ford 2014 Trends, 2014)

El agua se presenta como un problema en el panorama mundial. Por años se ha promovido el movimiento "Verde" protegiendo el 30% de nuestro planeta pero actualmente incrementa la atención en el otro 70%.

(Agua La crisis del siglo XXI, 2006)

De acuerdo con el Programa Mundial de Evaluación de los recursos Hídricos de la UNESCO para el año 2025 el número estimado de personas que vivirá en países con escasez de agua se situará entre 1000 y 2400 millones.

A partir de los datos obtenidos del análisis de tendencias, se puede completar el panorama futuro generado con el visor cónico presentado en el capítulo 3.2 Exploración y Análisis.

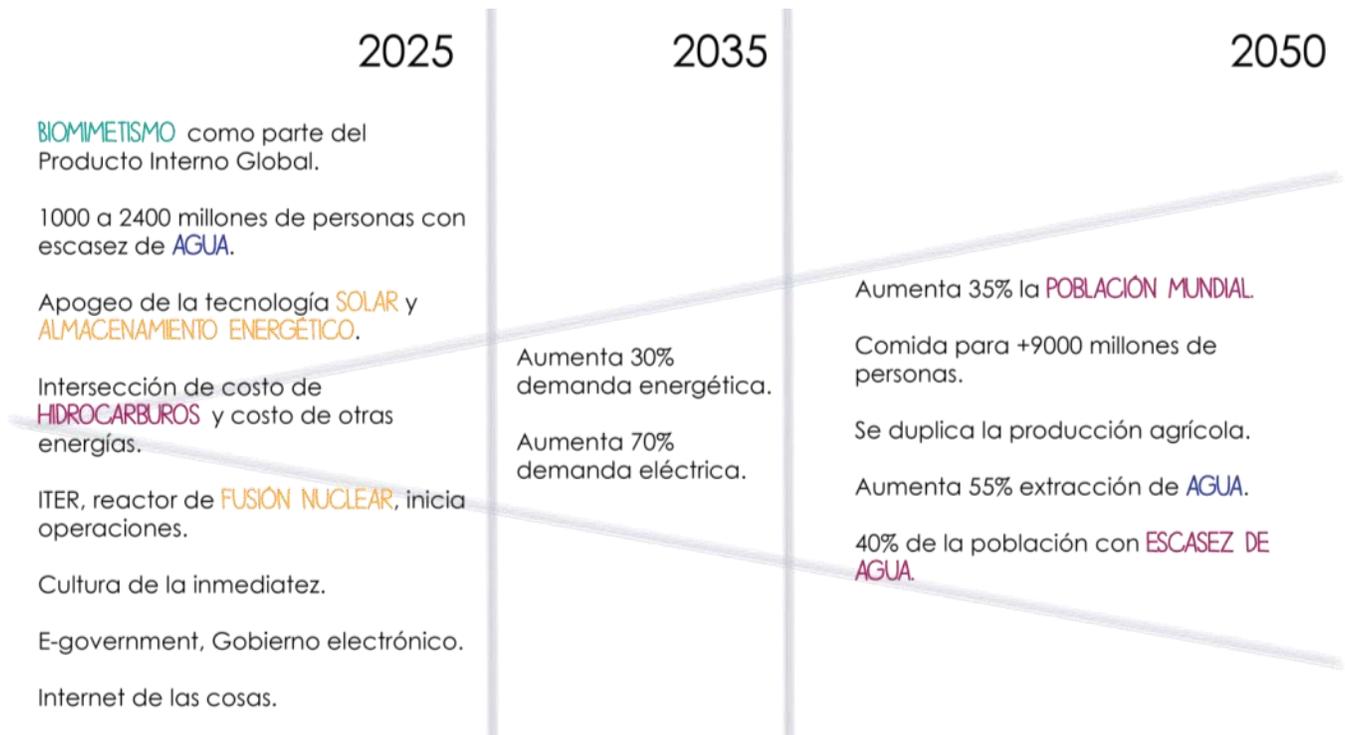


FIGURA 36 DIAGRAMA PANORAMA FUTURO

La Fig 36 nos presenta un panorama futuro de alta demanda, en donde la forma de producir energía en el futuro determinará la cantidad de agua y recursos requeridos.

El desarrollo tecnológico hasta ahora orientado mayoritariamente a la purificación del aire, se verá afectado por las políticas en torno a la escasez de agua.

La carrera por la eficiencia tecnológica, se mantiene como requerimiento para cumplir con el constante incremento de demanda energética y de recursos.

El acercamiento a la actualidad y perspectivas futuras de los recursos energéticos y desarrollo de materiales y procesos de manufactura, nos permite ir generando un panorama futuro más completo, Fig 36. El siguiente paso es realizar una visión a detalle dentro de una herramienta denominada "escenarios".

3.4

GENERACIÓN
DE CONCEPTO
(ESCENARIOS
FUTUROS)

3.4 ESCENARIOS FUTUROS

Los escenarios son representaciones descriptivas que nos permitirán explorar los retos y oportunidades de la industria frigorífica en el año 2050.

En un escenario futuro deben detallarse los aspectos de interés para la investigación, el primer paso es identificar todos aquellos que tienen influencia en el desarrollo de la refrigeración.

Los elementos encontrados durante el proceso de exploración y análisis, capítulo 3.2, se enlistan a continuación:

- Medio ambiente
- Fuentes energéticas
- Demografía
- Economía
- Normatividad
- Desarrollo tecnológico

En cada escenario se especifican estos elementos de interés para la investigación y es en este punto, cuando se particularizan las proyecciones futuras y tendencias, y finalmente se conforman los conceptos como el resultado final del proyecto.

Para concretar los escenarios, se deben definir las certezas e incertidumbres de la información recabada hasta el momento. Las certezas son aquellas tendencias de las que se tiene mayor información y seguridad de proyección en el futuro; por otra parte, las incertidumbres son aquellos aspectos que presentan múltiples caminos de desarrollo, la mayoría de las veces opuestos.

La elección de dos incertidumbres principales, nos permite marcar los ejes que servirán de base para la creación de escenarios. Las certezas por su parte, son aspectos comunes en todos ellos.

Certezas

Impacto en el medio ambiente. Los contaminantes tienen un efecto tardío, por lo que los daños al medio ambiente producidos hasta el día de hoy, seguirán afectando durante los próximos años, por ello, se puede asegurar que en el futuro continuarán los cambios al ecosistema.

Cambio demográfico. Para el año 2050 se espera un crecimiento demográfico del 35%, con lo que la población mundial sería superior a 9000 millones de habitantes. Para alimentar a la población será necesario duplicar la producción agrícola actual.

Las demandas de los países en desarrollo aumentarán no sólo respecto a fuentes alimentarias, sino también respecto a recursos energéticos.

Alza de costos de recursos primarios. Aunado al cambio demográfico, se tiene la certeza de que la cantidad de hidrocarburos, fuente energética principal a nivel mundial, es finita, por lo que la alta demanda de recursos limitados tales como petróleo, agua y energía, provocará un alza en los costos.

Incertidumbres

Las incertidumbres proveerán las diferencias entre un escenario y otro, éstas son tendencias que no podemos proyectar de manera segura en el futuro. Existen muchos aspectos de los cuales no estamos seguros a largo plazo, por ejemplo ¿cómo será la legislación en el año 2050? ¿El futuro poseerá una legislación basada en parámetros de sustentabilidad? ¿Se reducirá el número y tipo de contaminantes? Los escenarios se enriquecen de estos cuestionamientos y permiten la exploración en un rango amplio de posibilidades.

¿El compresor se encuentra en el futuro de la refrigeración? Este aspecto es considerado el más crítico de la investigación. El estado del arte y tendencias, nos indican que existe desarrollo relacionado con la mejora y búsqueda de nuevas configuraciones de compresores, pero de manera paralela se amplía la investigación relacionada con sistemas alternativos como la refrigeración magnética o los sistemas de absorción. El avance de ambos caminos presenta barreras de desarrollo tales como investigación en ciencia de materiales, mejora de los procesos de manufactura o profundización en el conocimiento relacionado con los sistemas de refrigeración. Resulta incierto definir cuál de estas barreras logrará sobrepasarse y se convertirá en una oportunidad para alguna de las tecnologías de refrigeración.

¿Macro o micro escala? Durante los últimos años la portabilidad ha sido el camino de desarrollo de los dispositivos tecnológicos, a partir de ello se ha observado un movimiento de miniaturización y alta movilidad de las tecnologías en uso. A pesar de la tendencia "micro escala", existe un camino recientemente adoptado en el que se trata de unificar las funciones de distintos sistemas para ser controlados por uno central. El uso de sistemas centrales no se ha masificado ni ha sido aplicado de manera general para sistemas energéticos caseros, pero podría postularse como una de las opciones en un panorama de ahorro energético.

¿Comercio local o globalización? Actualmente existe una polarización entre el comercio global y los sistemas locales. Los sistemas locales han surgido a partir de la iniciativa social como propuestas para solventar la demanda alimentaria y energética que se producirá en los años venideros. Esta tendencia contrasta con el sistema globalizado en el que estamos inmersos, sistema donde se espera que las grandes empresas tengan la capacidad de ofrecer productos que satisfagan la demanda de los consumidores, desafortunadamente esta capacidad y la capacidad del consumidor de adquirir los productos es un aspecto incierto del panorama futuro.

¿Energías alternativas? ¿Reemplazo de hidrocarburos? A pesar de que el alza de costos de los recursos se indica como una certeza en el futuro, no existe en el presente una fuente energética que se postule para reemplazar el porcentaje energético abarcado por los combustibles fósiles. Actualmente se lleva a cabo una carrera tecnológica para buscar una fuente que lleve a una reestructuración energética, hasta ahora no definida.

A partir de los dilemas anteriores se eligen 2 incertidumbres que definen una matriz de 2x2 que permitirá la creación de los escenarios futuros:

1. **Local vs. global.** Este eje se combina con la incertidumbre "Macro o micro escala" para desarrollar escenarios que se debaten entre el comercio global, sistemas energéticos colectivos o pequeñas ciudades autosustentables.
2. **Energías alternativas.** En un enfoque distinto, se puede condicionar a las incertidumbres por la disponibilidad o no de recursos energéticos. La aparición de energías alternativas y el porcentaje de servicio de cada una, definirán el rumbo del desarrollo tecnológico futuro.

Para la generación de escenarios se tomará en consideración un tercer eje, el tiempo. Para hacer una proyección de escenarios futuros al año 2050 debe considerarse un escenario de transición, es decir, cuál será el panorama que se espera a mediano plazo en 2030.

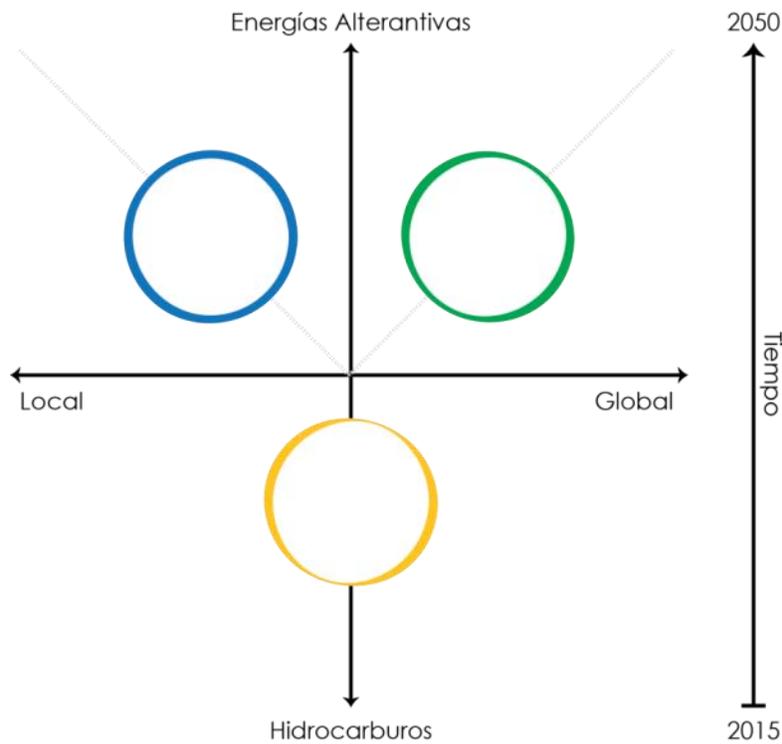


FIGURA 37 DEFINICIÓN DE ESCENARIOS

En la figura 37 se presenta de manera gráfica la distribución de ejes y asignación de escenarios.

Se debe considerar el escenario inferior como un futuro de transición a corto plazo, su duración depende del desarrollo de nuevas fuentes energéticas y de almacenamiento.

Conforme las energías alternativas empiecen a tomar un porcentaje de servicio importante en la demanda energética, los escenarios avanzarán a los cuadrantes superiores.

Figura 38 Definición de Escenarios



HÍBRIDO

Medio ambiente... La creación de políticas de reciclaje y reutilización ha disminuido la producción de desechos y como consecuencia han mejorado las condiciones ambientales.

Las políticas ambientales han permitido contener los efectos del crecimiento desmedido de las ciudades, a pesar de ello es necesaria la implementación de nuevas tecnologías para dar solución al abastecimiento.

Fuentes energéticas... No se ha logrado el aprovechamiento de energías alternativas, por lo que la creación de dispositivos híbridos ha tratado de satisfacer los requerimientos con la combinación de diversas fuentes energéticas.

El crecimiento desmedido del costo de los recursos ha limitado el uso de energía. Las ciudades poseen sistemas energéticos colectivos con mayor eficiencia y por lo tanto disminuyen costos de uso.

Demografía... Los conflictos sociales son comunes. Las quejas existentes respecto a la falta de acciones del gobierno respecto a la escasez y los altos costos de recursos han llevado a enfrentamientos y levantamientos de la población.

El bajo aprovechamiento de los recursos implica la aglomeración y hacinamiento de la población alrededor de los abastecimientos de mayor aprovechamiento.

Economía... Existe un estancamiento económico, debido al lento desarrollo tecnológico en la búsqueda de nuevas fuentes energéticas.

Normatividad... El gobierno es consciente del daño climático y ha adoptado políticas de extremo control para limitar el uso de los recursos. Existe también legislación que promueve el reciclaje y reúso en las grandes ciudades.

El uso de políticas de control excesivas ha contribuido al descontento general, pero de manera paralela, ha permitido la consolidación de una cultura de ahorro y la destinación de recursos económicos dedicados al desarrollo de tecnología en torno a la mejora de eficiencia y bajo consumo energético.

Desarrollo tecnológico... El precio de los recursos es alto y existen pocas alternativas, por lo que se fomenta el uso de tecnologías híbridas para obtener el mayor aprovechamiento de la energía. Estas tecnologías se adaptan a los sistemas energéticos colectivos y se hacen funcionar en las aplicaciones de mayor eficiencia.

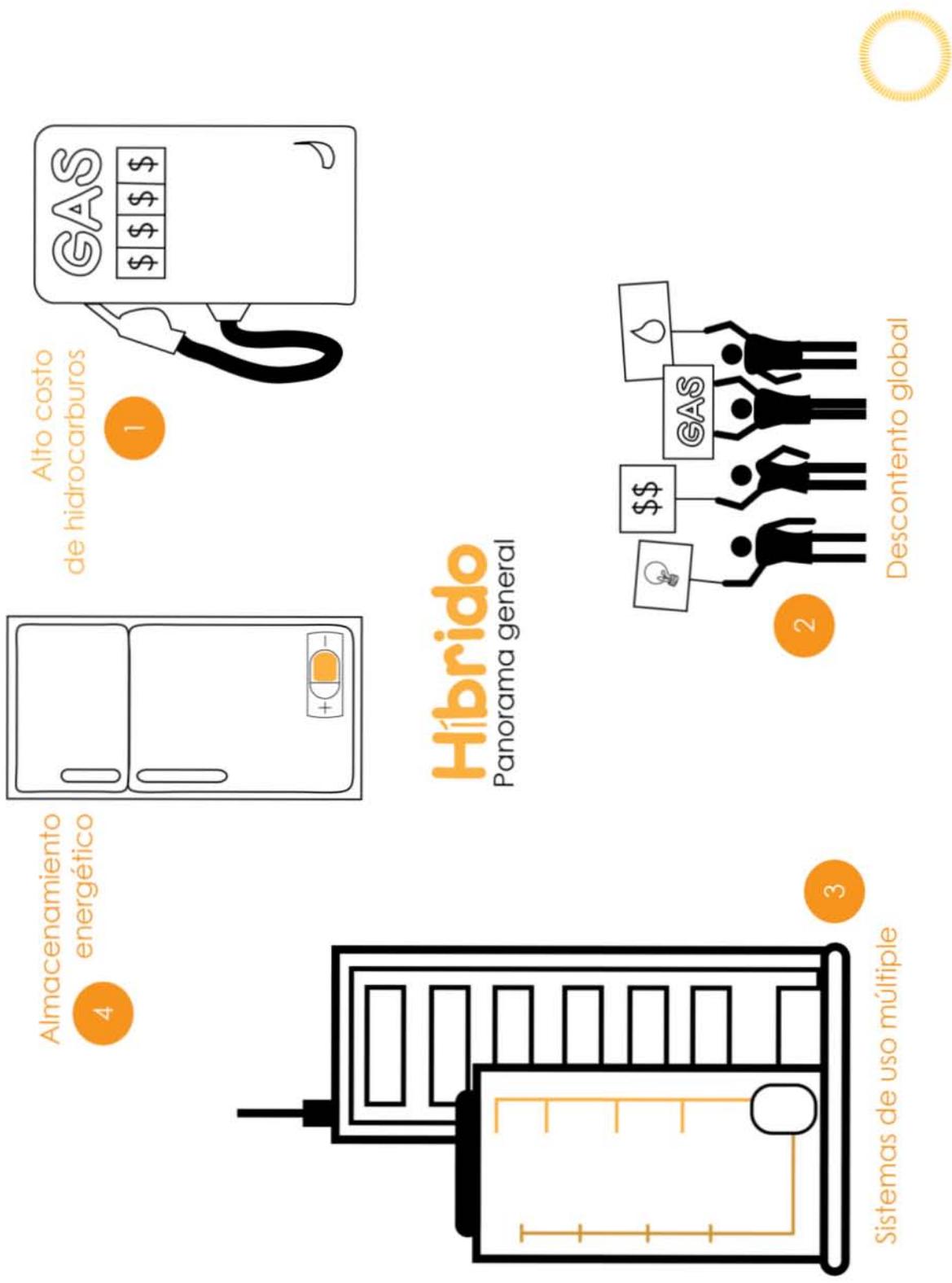


FIGURA 39 ESCENARIO HÍBRIDO

1	<p>Alto costo de hidrocarburos</p> <p>La era de los combustibles fósiles alcanzará un punto crítico, su costo se igualará con el de otras fuentes energéticas que se volverán más competitivas.</p> <p>La competencia por el liderazgo entre fuentes energéticas guiará a una reforma energética en un futuro a largo plazo.</p>
2	<p>Descontento global a causa de los altos costos y la falta de disponibilidad de nuevas fuentes energéticas.</p>
3	<p>Sistemas de uso múltiple que reducen el gasto energético. Por ejemplo, un sistema térmico por edificio que provee de servicios de aire acondicionado y calentamiento de agua.</p>
4	<p>Almacenamiento energético</p> <p>La escasez de recursos a nivel mundial promoverá políticas de máximo aprovechamiento de la energía, sobre todo cuando ésta sea más barata, así se fomentará el desarrollo de dispositivos de almacenamiento de energía.</p> <p>Los dispositivos tecnológicos incluirán dispositivos de almacenamiento que recopilarán energía en los momentos de mayor disponibilidad o menor costo.</p>

HIPSTER

Medio ambiente... Las políticas locales se enfocan en liderar el cambio a la sustentabilidad, por ello la tecnología ha contribuido al desarrollo de productos amigables con el medio ambiente y los materiales biodegradables se encuentran en cualquier aplicación comercial. El reciclaje es una práctica mundial adoptada con las variaciones de cada región.

Fuentes energéticas... La sociedad ha tomado responsabilidad en la administración y producción de recursos y energía.

Demografía... La distribución demográfica depende de la disponibilidad de recursos y existe una mejor distribución y aprovechamiento del suelo.

La población ha optado por la creación de pequeñas ciudades ampliamente distribuidas, contrario al pasado de grandes urbes sobrepobladas.

Economía... El comercio es local en un panorama menos prospero pero de menor desigualdad.

Normatividad... El mundo del comercio local se basa en políticas globales pero posee legislaciones creadas específicamente para las diversas localidades.

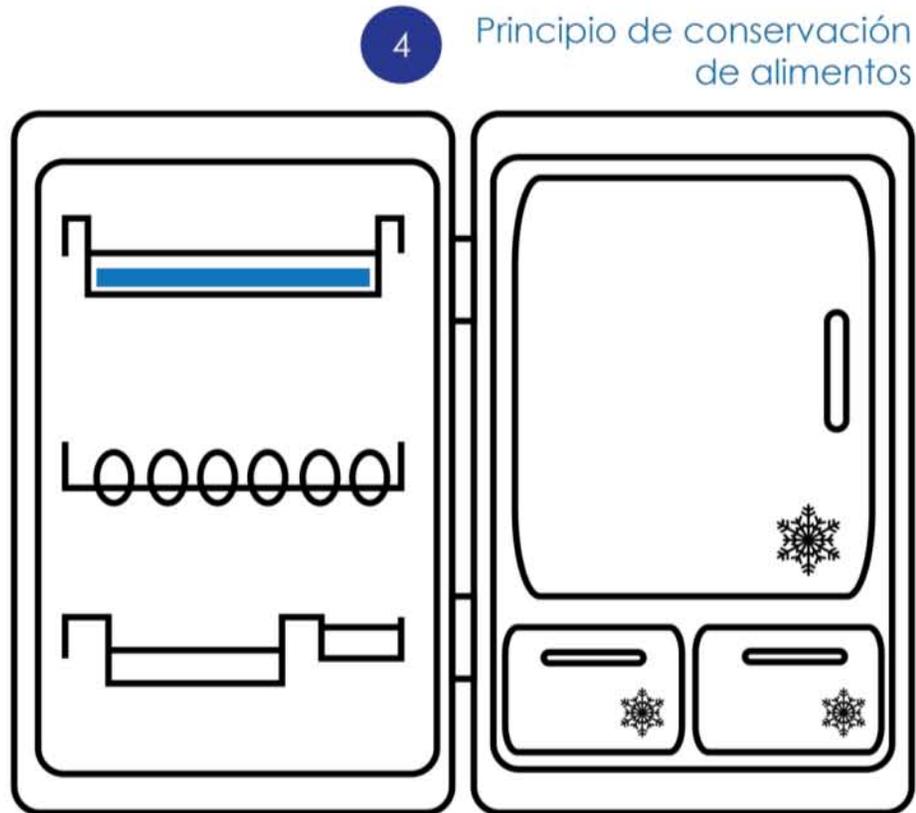
Desarrollo tecnológico... El desarrollo en ciencia de materiales ha permitido el fácil reciclaje y la creación de productos biodegradables a un nivel nunca antes visto.

Existen diversas fuentes energéticas y la buena planeación demográfica permite a cada región explotar los recursos disponibles de manera sustentable.

Hipster

Panorama general

FIGURA 40 ESCENARIO HIPSTER



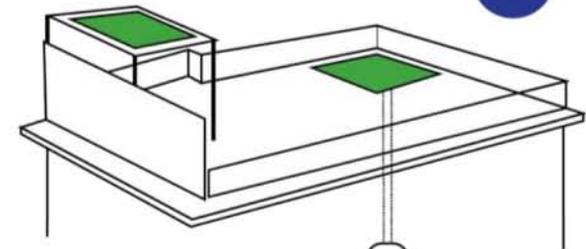
Generación energética individual

1



Huerto en casa

2



3

Recuperación de aguas pluviales



1	<p>Generación energética individual</p> <p>Se utilizarán los hogares como unidades de generación energética y de recursos.</p> <p>El aprovechamiento de energías alternativas y control de uso energético se realiza mayoritariamente a nivel local/ individual.</p>
2	<p>Huerto en casa</p> <p>La población optó por tener control total de la calidad alimenticia para consumo personal.</p> <p>Esto representa no sólo la posibilidad de tener huertos personales, sino también una modificación en las costumbres alimentarias de la población y por ende cambio en las necesidades de conservación de alimentos.</p>
3	<p>Recuperación de aguas pluviales</p> <p>Al igual que la generación energética, el desarrollo tecnológico se ha concentrado en la creación de dispositivos que apoyen la sustentabilidad y mejora del medio ambiente a nivel residencial.</p> <p>Existe una cultura de ahorro y reúso de recursos, así además de poseer infraestructura local dedicada al reciclaje, cada casa contiene sistemas dedicados por ejemplo, a la recuperación de aguas pluviales, separación y degradación de desechos, entre otros.</p> <p>'Hipster' es un sistema basado en la eficientización de una vivienda.</p>
4	<p>Principio de conservación de alimentos</p> <p>El cambio de necesidades de conservación de alimentos afecta a todos los dispositivos relacionados.</p> <p>Existe la necesidad de conservación de alimentos frescos tratando de imitar sus condiciones naturales. En el caso de la refrigeración y en específico del refrigerador, se requiere una parte refrigerada y otra que replique condiciones naturales que favorecen la conservación de alimentos a corto plazo.</p>

TECH

Medio ambiente... La planeación de grandes urbes localizadas ha logrado una intrusión menor en el ecosistema.

Fuentes energéticas... La utilización de diversos recursos energéticos, la mayoría renovables, permite menor desperdicio de la energía.

Existe un sistema central que controla el uso, almacenamiento y flujo de energía, así se destina la energía adecuada para aplicaciones específicas.

Demografía... El crecimiento demográfico se ha estabilizado con la disminución de integrantes del núcleo familiar y la preferencia por hogares unipersonales.

La centralización e incremento demográfico en las urbes ha provocado el aprovechamiento vertical del suelo y la extensión del territorio continental a ciudades flotantes.

Economía... El comercio es global en un panorama más próspero pero de mayor desigualdad.

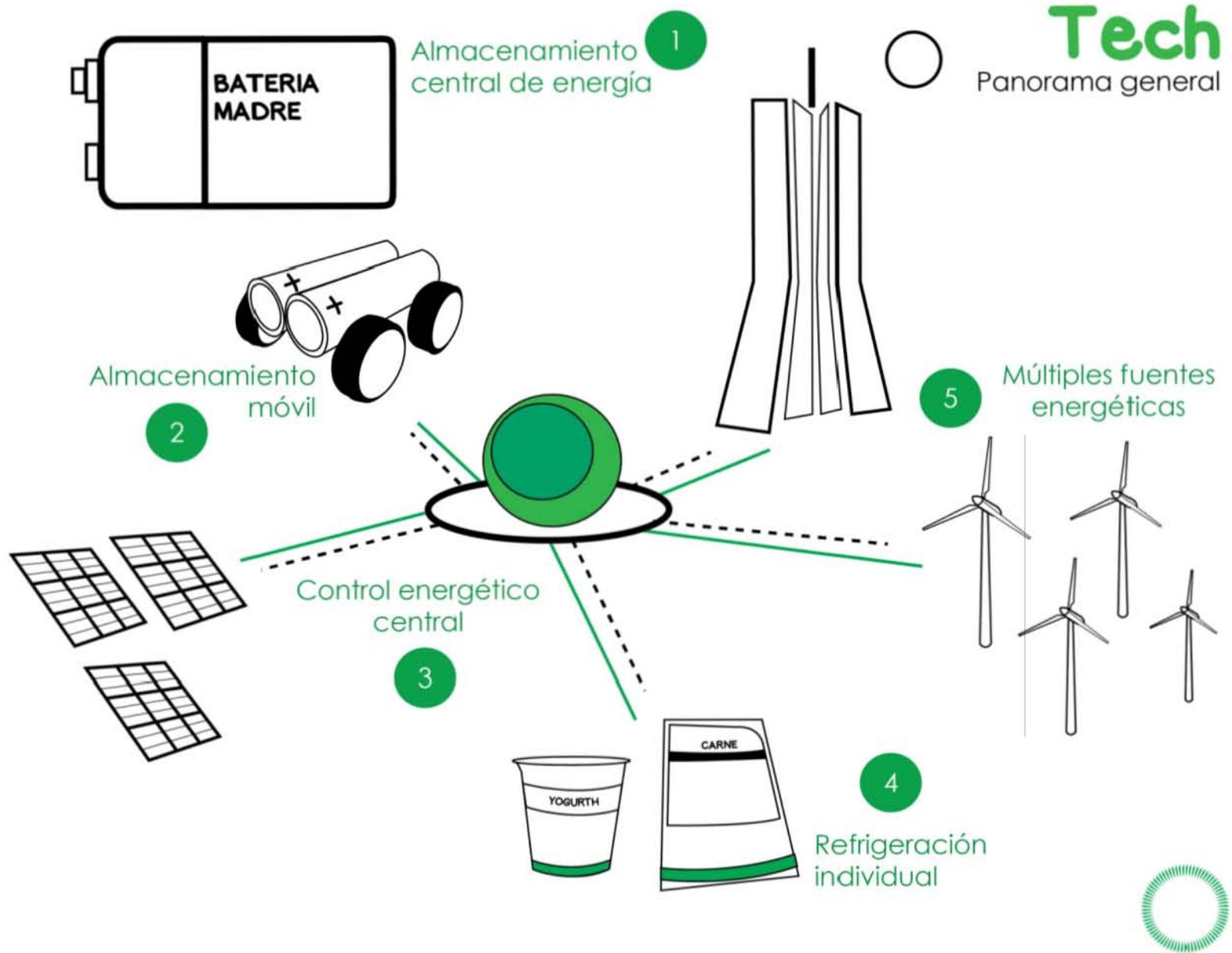
El comercio y la economía se han llevado a un estatus de gran escala: creación de supercarreteras, redes energéticas colectivas, plantas más eficientes.

Normatividad... El mundo de las grandes urbes es regido por políticas globales dictadas por un consejo mundial.

Desarrollo tecnológico... Todos los sistemas técnicos y dispositivos pueden controlarse de forma remota. El "internet de las cosas" es parte de la tecnología cotidiana y se aplica desde el control de seguridad y ambiente en los hogares hasta el monitoreo del funcionamiento y desempeño de plantas energéticas en múltiples locaciones mundiales.

La manufactura aditiva ha alcanzado un nivel de desarrollo tal, que permite la producción masiva.

FIGURA 4.1 ESCENARIO TECH



1	<p>Almacenamiento central de energía</p> <p>Con la creación de un sistema central de control energético, se genera la necesidad de tener un sistema de almacenamiento masivo. Para lograr este funcionamiento se utiliza un depósito general que permite la acumulación a largo plazo y se utiliza como fuente principal para la distribución de energía.</p> <p>Desarrollo en grandes ciudades como espacios de mayor eficiencia energética.</p>
2	<p>Almacenamiento móvil</p> <p>Dispositivos recargables que suministran energía a corto plazo, es decir, aparatos de uso diario que se alimentan del sistema de almacenamiento masivo a través del sistema central de control.</p>
3	<p>Control energético central</p> <p>El sistema central de control se alimenta de diversas fuentes energéticas y distribuye energía a las ciudades.</p>
4	<p>Refrigeración individual</p> <p>El desarrollo de pequeños dispositivos de almacenamiento de energía ha extendido su uso hasta llegar a toda clase de aplicaciones de uso común e industrial. Una de ellas, la industria alimentaria, requiere el uso de energía para prolongar la vida útil de los alimentos. Dado este requerimiento, se desarrollan empaques que incluyen una carga de energía que permite generar las condiciones necesarias para la conservación del alimento de manera individual.</p>

La presentación y análisis de los tres escenarios futuros permite entender cuáles son las corrientes principales que fomentarán los cambios para el año 2050.

Estos escenarios muestran proyecciones futuras cuyas bases son tendencias e información del presente, así el resultado final no sólo otorga recomendaciones a largo plazo sino líneas de cambio que requieren y permiten acción inmediata para soportar los cambios que se presentarán en el futuro.

Como resultado del análisis de escenarios se identifican los siguientes líderes de cambio, que resultan en recomendaciones para la planeación de proyectos de innovación tecnológica a nivel doméstico.

- Es inminente una reforma energética.
- El uso y desarrollo de dispositivos de almacenamiento energético es un común denominador en las proyecciones presentadas.
- La organización demográfica determinará las necesidades de conservación de alimentos.
- Las proyecciones generadas no limitan el uso de compresión de gas para refrigeración.
- El desarrollo tecnológico debe prepararse para la fase de transición 'Híbrido'. Esta fase requiere el desarrollo de dispositivos flexibles que permitan la hibridación energética.
- La forma de producir energía en el futuro determinará la cantidad los recursos requeridos.

4. CONCLUSIONES

4. CONCLUSIONES

Una vez concluidos los pasos en la búsqueda de conceptos de un panorama tecnológico futuro, se puede realizar una revisión general de todos los puntos de valor identificados durante el desarrollo del proyecto. Para realizar este análisis, se regresará a la interrogante que motivó los inicios de este proyecto de colaboración Industria-Universidad.

¿Se puede o no se puede diseñar un compresor alternativo? ¿En qué condiciones? La palabra alternativo nos indica la búsqueda de un principio que se contrapone a lo usual, uno que nos permita obtener un resultado igual, semejante o mejor al compresor actual.

Este trabajo proporciona un análisis de las condiciones que debe cumplir el compresor del futuro dadas las circunstancias actuales, esta es la exploración previa que debe realizarse antes de emprender el diseño de una nueva tecnología.

Los conceptos de entorno futuro generados no proponen en sí un cambio del principio de funcionamiento del refrigerador, pero indican cambios en la manera en que llegará energía a la red doméstica. Se propone un escenario de transición de tecnologías híbridas que dará paso a un futuro que emplee múltiples fuentes para satisfacer la demanda energética.

A partir de toda la información analizada, se descubre la urgencia de una reforma energética, ésta, invita a las empresas relacionadas con tecnología, al desarrollo de dispositivos de generación y almacenamiento de energía.

La forma de obtener energía en el futuro determinará la cantidad de recursos requeridos, es por ello, que la carrera tecnológica por la eficiencia se mantiene como requerimiento para cumplir con el constante incremento de demanda energética y de recursos.

Vida Profesional

Otro aspecto de importancia, son las lecciones aprendidas durante este proyecto que sirven de apoyo para la inserción en la vida profesional.

Durante el desarrollo del proyecto se consultaron múltiples fuentes de información, entre ellas, se identificaron empresas con departamentos dedicados a la creación de escenarios futuros e identificación de tendencias, por ejemplo: Unilever, General Electric y Ford. Esto abre una puerta laboral a los ingenieros relacionados con el proyecto, para seguir desempeñándose en proyectos de investigación a nivel industrial.

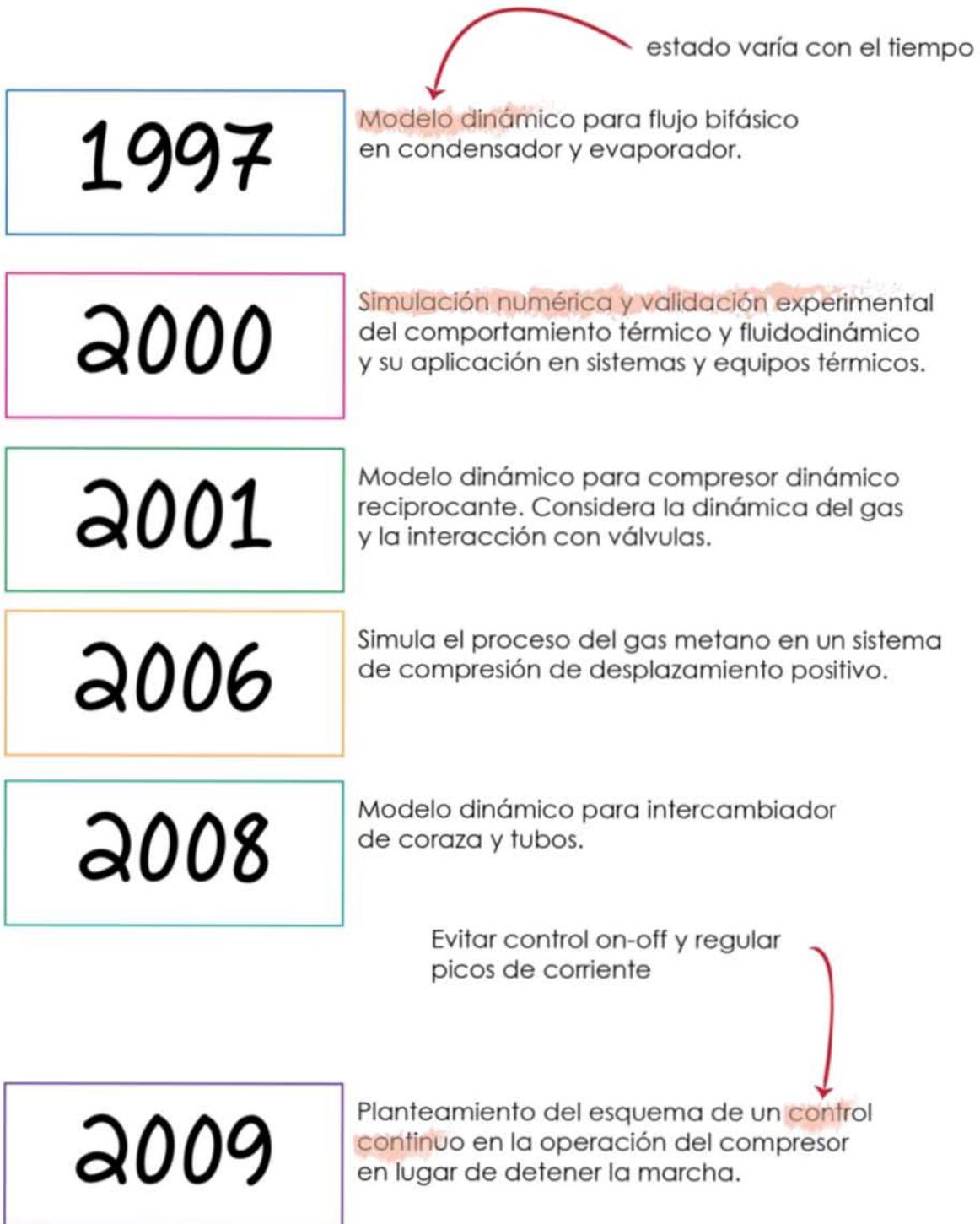
Hacer un trabajo escrito como el presente, implica tareas de ordenamiento, investigación y análisis, aptitudes ampliamente valoradas en el campo laboral actual; además de esto, la realización de un proyecto de investigación en equipo, permite el desarrollo de habilidades de

administración de grupos, que es una capacidad requerida en cualquier campo, incluyendo la ingeniería.

Se debe resaltar también, que al ser un proyecto ligado a la industria, se obtiene un aprendizaje adicional, por ejemplo el entendimiento de los tiempos de trabajo y objetivos de una empresa, el tipo de entregables requeridos y la manera de transmitir información a un equipo de trabajo. Un futuro profesionalista identificará este tipo de actividades en el día a día de su vida laboral.

ANEXOS

Modelado



2010

Modelo que evalúa el desempeño del ciclo de refrigeración con un compresor de **velocidad variable**.

2011

Modelo dinámico tipo "Lumped" de refrigeración por compresión de CO₂ operando en régimen crítico y subcrítico.

2012

Modelo para evaluar el desempeño de la refrigeración por absorción mediante la exergía.

Aplicación de modelos teóricos sobre flujos laminar y turbulento para evaluar el coeficiente global de transferencia de calor.

Modelo que **evalúa las pérdidas** de refrigerante, el funcionamiento de válvulas en el compresor y el efecto de las incrustaciones en el intercambiador de calor.

Enfoque en la reducción de pérdidas a nivel subsistema

2013

Modelo que busca la optimización del ciclo de refrigeración por compresión de vapor para reducir el **consumo energético de componentes**.

optimización de subsistemas para lograr resultado global

Energías

X a.C.

Escritos chinos anteriores al primer milenio a.C. que hablan de recolección y almacenamiento de hielo.

V d.C.

Primeras mezclas químicas refrigerantes de la India.

1607

Se descubre una mezcla de sal con agua para fabricar hielo.

1760

Se logró congelar mercurio a -40°C con mezclas refrigerantes.

1775

William Cullen inventa la primer máquina refrigerante mecánica.

1834

Jacob Perkins desarrolla el primer refrigerador por compresión de vapor.

1850

Edmond Carré inventó el primer refrigerador por absorción.

1911

Se inventó el primer refrigerador que utilizaba gas para alimentarlo.
Se inventó el primer refrigerador eléctrico (compresor con motor eléctrico)

1933

Se desarrollan los primeros refrigeradores magnéticos.

1940

Se inventa un refrigerador por absorción que funciona con energía solar.

Compresores

1853

(Ax) Los conceptos básicos de un **compresor axial multietapa** son inicialmente presentados a la French Academie des Sciences en 1853 por Tournaire.

1878

(HL) Se inventa en Alemania una forma de compresor con rotor helicoidal.

1880

(Ax) Experimentación con turbina de **reacción multietapa** operando en reversa por Parsons en 1885. El desarrollo del compresor axial se estancó posteriormente por la ignorancia de los principios fluido-dinámicos subyacentes.

1887

(Ax) Parsons obtiene la patente del compresor axial.

1900

(Ax) Parsons obtiene eficiencias mayores mejorando los perfiles de las propelas.
(Ax) Se abandona el compresor axial a favor de los centrífugos con eficiencias del 70 al 80%.

1904

(Rec) Atlas Copco introduce el **compresor de pistón**.

1910

(Ax) **La primera guerra mundial** y el interés en la aviación le dieron un impulso renovado a la investigación del compresor axial.

1920

(Ax) Griffith desarrolla los principios básicos de la teoría aerodinámica.
(Ax) El compresor axial comenzó a dar servicio comercial en **ventiladores, aire acondicionado y ventiladores generadores de vapor**.

1930

(HL) Se inventa el **compresor de lóbulo helicoidal** por Alf Lysholm como parte del desarrollo de una turbina de gas en Svenska Rotor Maskiner. El perfil creado atrapaba el gas y después lo sobrecomprimía antes de ser liberado, ocasionando baja eficiencia y altos niveles de ruido.
(Cen) En los principios de los 1930s la principal aplicación estuvo en la industria del acero, donde fue utilizada para conducir aire en procesos de oxidación para los altos hornos.
(Cen) Los centrífugos reemplazaron a las máquinas sopladoras de compresión recíprocante usadas en esa época.
(Cen) Fueron utilizados en el proceso de conversión de carbón a coque.
(Cen) En los tardíos 1930s se crearon **pequeños centrífugos** en los inicios del aire acondicionado para cines, tiendas, edificios, etc. Las ventajas generadas fueron la **reducción en tamaño** y la ausencia de fuerzas de sacudimiento.
(Ax) En el comienzo de los 1930s los compresores axiales comenzaron a recibir atención para su aplicación en **supercargadores** para máquinas recíprocantes con el fin de mejorar la potencia de salida y mejorar el desempeño en vuelos de gran altitud.
(Ax) A mediados de los 30s se comenzaron a instalar compresores axiales en varias plantas de procesos.

1936

(Ax) La Royal Aircraft Establishment en Inglaterra comenzó el desarrollo de compresores axiales para propulsión de jets.

1940

(HL) Hans Nilson, ingeniero en jefe SRM realizó numerosas contribuciones al crecimiento técnico y comercial del **compresor helicoidal**.
(Ax) Una serie de compresores axiales de alto desempeño fue desarrollada en Inglaterra e investigaciones similares eran hechas en Alemania.
(Ax) El trabajo de Griffith y su equipo permite llegar a la conclusión de que eficiencias de al menos 90% pueden ser alcanzadas para **etapas pequeñas**.

1950

(Cen) El crecimiento del tamaño de las plantas y el bajo costo energético llevaron al compresor axial a su auge en los 1950s.
(Cen) Fueron hechas mejoras en confiabilidad, desempeño y eficiencia.
(Ax) La tecnología de **aviación** penetró a la industria de los compresores cuando muchos de los reportes de la NACA fueron desclasificados.

1952

(HL) Hans Nilson inventa el **perfil circular para el compresor helicoidal**. Usaba 4 lóbulos machos y 6 lóbulos hembras. El diseño eliminó el problema de la sobre compresión por la trampa de gas permitiendo un ángulo de hélice más pronunciado. El resultado: mayores relaciones de presión y mejores eficiencias.
(HL) El siguiente evento significativo fue la aplicación de la máquina cortadora de rotores Holroyd para su producción. Antes de esto la producción era lenta y costosa.
(HL) La válvula de deslizamiento fue inventada a principios de los 1950s dándole al compresor de SRM una nueva dimensión dándole medios para el **control de flujo**. El control de capacidad había sido un factor limitante para ciertas aplicaciones. Esta válvula fue ampliamente usada con la llegada de los compresores lubricados con aceite.

1954

(HL) Llega la patente del compresor lubricado con aceite probando ser de 8 a 10% más eficiente que el compresor seco con engranajes de distribución. El funcionamiento a bajas velocidades fue mejorado permitiendo el uso directo de motores sin necesidad de engranajes de distribución.

1957

(HL) Fue introducida la primera aplicación comercial para compresión de aire.
(HL) Lars Schibbye ingeniero en jefe de SRM inventó el perfil asimétrico del rotor, que reduce el área de fuga y sella longitudinalmente incrementando la **eficiencia**.
(Rec) Los compresores recíprocos declinaron su popularidad de finales de los 1950s a inicios de los 1970s debido a altos costos de mantenimiento y baja capacidad.
(Ax) Parsons obtiene eficiencias mayores mejorando los perfiles de las propelas.

1960

(HL) La válvula de deslizamiento es introducida para los compresores lubricados en los 1960s y originalmente fueron usadas en el servicio de refrigeración. Más recientemente fueron utilizadas en servicio de compresión de gas.
(HL) Se introduce comercialmente el perfil asimétrico del rotor.
(Cen) A mediados de los 60s la necesidad de helicópteros militares avanzados impulsados por pequeñas turbinas de gas dio lugar al rápido desarrollo del compresor centrífugo.

1970

Recientes crecimientos en costo energético y el advenimiento de nuevas plantas de procesos le han dado al compresor recíproco mayor eficiencia aunque a costa de la capacidad.
(Cen) Con el aumento en el costo energético las mejoras en eficiencia ocuparon la máxima prioridad en el desarrollo de fundamentos teóricos. Antes los esfuerzos se enfocaban en la confiabilidad (una meta razonablemente alcanzada).
(Ax) A partir de los 70s un cambio significativo y especial ocurrió. Se introdujeron los álabes de baja relación de aspecto, obteniendo una alta eficiencia para altas cargas y amplio rango.
(Ax) en 1972 Mellor & Balsa ofrecen **modelos matemáticos** para la predicción de el desempeño de compresores axiales.
(Ax) Varios países trabajan en la predicción de capas límite anulares en turbomáquinas y sus efectos en el desempeño.

1980

(Mix) Wiggins(1986) describe el "Axi-fuge", un diseño de flujo mixto. Mantiene la eficiencia y rp de un axial pero la simplicidad estructural y compacidad de un centrífugo.

1990

(Cen) Palmer & Waterman (Dieron detalles de un compresor centrífugo avanzado de **dos etapas** usado en el motor de un helicóptero).

Refrigerantes 1

VIII a.C.

Con frecuencia en la historia se menciona que los chinos y después los romanos utilizaban el **hielo o la nieve natural** para enfriamiento, especialmente para enfriar sus bebidas.

En algunos lugares donde solo se tiene hielo en invierno, lo almacenaban en fosos para usarlos en el verano.

se ha retomado el estudio del agua como refrigerante

2700 a.C.

Los antiguos egipcios utilizaban la **evaporación del agua** como enfriamiento para sus bebidas, incluso el uso de dispositivos ingeniosos para hacer la estancia más confortable.

1600

En refrigeración se dio un paso muy importante cuando se descubrió que una mezcla con sal producía temperaturas más bajas que el hielo sólido.

1748

William Cullen evaporó éter etílico en vacío.

1755

William Cullen enfrió agua realizando vacío sobre ella.

1777

Jacob Perkins desarrolla el primer refrigerador por **compresión de vapor**.

1781

Tiberius Cavallo experimentó la producción de frío mediante la evaporación de éter.

1803

El primer antecedente sobre un refrigerador doméstico es la patente obtenida por Thomas Moore el cual no era sino una caja dentro de otra para almacenar alimentos con ayuda de hielo al cual denominó "refrigerador".

1805

Oliver Evans fue el primero en proponer el uso de **ciclos cerrados en refrigeración**.

1816

Robert Stirling junto con su hermano, James, desarrolló el motor stirling.

1823

John Leslie construyó un aparato capaz de producir la congelación del agua por evaporación de un líquido.

1834

El motor o **máquina stirling** comenzó a ser utilizado por John Hershel en el campo del frío donde utilizó un ciclo cerrado para la fabricación de hielo.

sistemas térmicos como solución

1844	El Dr. John Gorrie, diseñó una máquina de ciclo abierto que funcionaba con aire comprimido, para la producción de hielo y enfriamiento de aire.	
1850	La primera utilización del CO ₂ como fluido frigorífero fue descrita por Alexander C. Twining.	biorefrigerantes
1856	James Harrison construyó una máquina de compresión que trabajaba con eter como refrigerante basado en los trabajos de Perkins.	
1865	Charles Albert Tellier construyó una máquina de compresión que usaba como refrigerante éter metílico.	
1868	Franz Windhausen diseñó una máquina de aire en ciclo cerrado, la cual podía ser movida por vapor o viento y producía de 100 a 1000 libras de hielo por hora.	
1869	Thaddeus Sobieski Coullincourt construyó una máquina para fabricación de hielo y utilizó CO ₂ como refrigerante.	
1874	El profesor suizo Raoul Pictet diseñó una máquina de compresión que utilizaba dióxido de azufre como fluido refrigerante. Para evitar el peligro derivado de este fluido, se utilizaba refrigeración indirecta, enfriando glicerina para después bombearla a su punto de aplicación, una pista de patinaje.	Proceso extra y se duplican pérdidas por transferencia de calor
1886	Franz Windhausen diseño una fábrica de hielo servida por una instalación de compresión con dióxido de carbono como fluido refrigerante.	
1896	Se funda la ASHRAE. Sus miembros se centran en los sistemas de construcción, la eficiencia energética, la calidad del aire interior, la refrigeración y la sostenibilidad del sector.	
1905	David Boyle desarrolla la primera máquina de compresión con amoníaco como fluido de refrigeración.	
1918	Kelvinator produce su primer refrigerador doméstico inventado por Nathaniel B. Wales para el mercado americano. Venta de 67 unidades ese año. El dispositivo Vuilleumier fue creado por Rudolph Vuilleumier. Funcionamiento similar al de la máquina stirling excepto que utiliza un compresor térmico en lugar de un de tipo mecánico.	compresor térmico
1920	Michael Faraday descubrió que comprimiendo y licuando amoníaco podía enfriar aire. General electric modificó el diseño del monje Audrifffen para obtener la primera nevera hermética comercial con utilización de dióxido de azufre.	
1922	Von Platen junto Carl Munters fueron los inventores de la máquina de absorción a gas.	

1925	Clarence Birdseye construyó un túnel de congelación.
1927	Copeland en unión con Silicagel Corp. Construyeron una máquina de adsorción con silicagel y dióxido de azufre como refrigerante.
1928	Thomas Midgley sintetizó el R-12 (C12F2C). No era tóxico, ni inflamable.
1929	Nació la industria de los refrigerantes halógenos. El primero de ellos fue Freón-12, después el Freón-11, 21, 114 y 22.
1930	Se sintetizan los CFC y los HCFC.
1970	El consumo anual de CFC es de un millón de toneladas.
1974	Rowland y Molina descubren el efecto destructor del Cl y Br sobre la capa de ozono.
1978	Dimitar Tchernev fue el primero en introducir el par de trabajo zeolita-agua en sistemas cerrados de refrigeración por adsorción.
1980	Jaques Chiral desarrolló un sistema experimental con paneles solares.
1987	Protocolo Montreal. Compromiso a nivel internacional para eliminar gradualmente los refrigerantes que dañan la capa de ozono.
1996	Prohibido el uso del CFC (R-12) y HCFC (R-22) desde el 1 de enero.
1997	Debido al calentamiento global se firma el protocolo de Kyoto, los principales puntos: - limitar las emisiones de gases de efecto invernadero. - reducción global del 5% en relación a las emisiones de 1990 para el año 2012. - distinto nivel de compromiso. -reducir el consumo energético. -afecta a los HFC.
2010	En el protocolo de Montreal se firma que los HCFC (R-22) tendrán una reducción progresiva y prohibición en la Unión Europea para este año.

Refrigerantes 2

1830	Éter sulfúrico	Isobutano (R-660a) Propano (R-290)	1920
1840	Éter metílico (R-E170)	Dielene (R-1130)	1922
1850	Ácido sulfúrico	Gasolina	1923
1856	Alcohol etílico	Trielene (R-1120)	1925
1859	Amoniaco / Agua	Cloruro de metilo (R-30)	1926
1860	Amoniaco (R-717) Metil amina (R-630) Etil amina (R-631)	CFC-113	1934
1866	Chymogene Dióxido de carbono	CFC-21	1935
1870	Metil formato (R-611) Cloruro de etilo (R-160)	HCFC-22	1936
1875	Dióxido de azufre (R-764)	CFC-11 Y 12 (Introducción como propelente en aerosoles)	1943
1878	Cloruro de metilo (R-40)	CFC-13 Introducción para bajas temperaturas.	1945
1891	Ácido sulfúrico mezclado con hidrocarburos	R-500 (azeótropo de R-12 / R-152)	1950
1900	Bromuro de etilo (R-160B1)	La nomenclatura Dupont para ser de uso general	1956
1912	Tetracloruro de carbono y Agua (R718)	R-502 (azeótropo de R-22/R-115)	1962

REFERENCIAS

1. Introducción

- [1] Del Olmo Gil, A., Ramírez Terán, A., et al. (2014). Reporte técnico: conceptualización del sistema alternativo de compresión para refrigeradores domésticos (1ª. ed.) Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado de Ingeniería.
- [2] Del Olmo Gil, A., Ramírez Terán, A., et al. (2013). Informe Técnico Sistema Alternativo de compresión para refrigeradores domésticos (1ª. ed.) (Informe No. C0003-2012-01). Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado de Ingeniería.
- [3] Del Olmo Gil, A., Ramírez Terán, A., et al. (2013). Reporte técnico sistema alternativo de compresión para refrigeradores domésticos (1ª. ed.) Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado de Ingeniería.
- [4] Del Olmo Gil, A. (2013). Exploración de una propuesta de compresor alternativo para refrigeración doméstica. Ciudad de México, México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [5] Ramírez Terán, A. (2013). Conceptualización y prueba de sistemas de compresión para refrigeración doméstica. Ciudad de México, México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [6] Gardner, H. (2006). The Synthesizing Leader. Harvard Business Review.

2. Proceso de diseño

- [7] Caplan, R. (2005). By Design. (2a ed.) New York, EE.UU.: Fairchild Publications Inc.
- [8] W. Stoll, H. (1999). Product Design Methods and Practices, Illinois, EE.UU : Marcel Dekker Inc.
- [9] Ehrlenspiel, K. (2009). Integrierte Produktentwicklung: Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 4 Aufl. Munich, Viena: Hanser-Verlag.
- [10] Munari, B. (2004). ¿Cómo nacen los objetos? Apuntes para una metodología proyectual (1ª ed.) Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, S.A.
- [11] Cross, N. (2005). Engineering Design Methods (4a. ed.) Reino Unido: Wiley.
- [12] Carleton, T., Cockayne, W., Tahvanainen, A., 2013. Playbook for strategic foresight and innovation [online]. Disponible en: www.innovation.io/playbook. [Ultimo acceso enero 2014].

- [13] Ulrich, K., Eppinger, S. (2009). Diseño y desarrollo de productos (4a. ed.) México: McGraw Hill.
- [14] Blog spot. (2011, Octubre). Tendencias tecnológicas. Consulta realizada el 15 de enero de 2014, en:
<http://tendenciasytecnologiasdeti.blogspot.mx/2011/10/tendencias-tecnologicas.html>
- [15] Pahl, G., Beitz, W. (2007). Engineering Design: A systematic Approach (3a. ed.) Londres: Springer.
- [16] Hubka, V. (1988). Practical studies in systematic design. Londres, Reino Unido.

3. La metodología (Desarrollo)

3.1 Oportunidad

- [17] Tassou, S.A., Lewis, J.S., et al. (2009). A review of emerging technologies for food refrigeration applications. Journal of Applied Thermal Engineering 30(2010) 263-276.
- [18] International Energy Agency. (2014). Statistics for Mexico. Consulta realizada el 24 de febrero de 2014, en:
<http://www.iea.org/countries/non-membercountries/mexico/>
- [19] Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía CONUEE. (2010). ¿Por qué ahorrar energía en tu casa?. Consulta realizada el 24 de febrero de 2014, en:
http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/micrositio_tu_casa
- [20]. Secretaría de Energía (2014). Estadísticas destacadas del sector energético. Consulta realizada el 25 de febrero de 2014, en:
<http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1432>
- [21] Navarro, E., Urchuenguía, J.F., et al. (2007). Performance analysis of a series of hermetic reciprocating compressors working with R290 (propane) and R407C. International Journal of Refrigeration, Volume30, Issue 7, Pages 1244-1253.
- [22] Binz, Hansgeorg Prof. Dr.-Ing. (2012). Methodische Produktentwicklung I. Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Universität Stuttgart. Alemania.

3.2 Exploración y análisis

- [23] Del Olmo Gil, A., Ramírez Terán, A., et al. (2014). Reporte técnico: Conceptualización del sistema alternativo de compresión para refrigeradores domésticos. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado de Ingeniería.

3.3 Tendencias

Energéticas

- [24] Forbes. (2014). Five Tech Trends that can drive Company Success. Consulta realizada el 3 de marzo de 2014, en:
<http://www.forbes.com/sites/rebeccabagley/2014/04/01/5-tech-trends-you-should-pay-attention-to/2/>
- [25] Tesla Motors (2013). Tesla motors 2015 Gigafactory. Documento presentado en IIT 2013 Global Conference Takeshita, Texas, EE.UU.
- [26] Panasonic. (2014). Panasonic's 12V Ni-MH Energy Recovery Systems in New Idle-Stop Minicars from Nissan and Mitsubishi. Consulta realizada el 13 de febrero de 2014, en:
<http://panasonic.co.jp/corp/news/official.data/data.dir/2014/02/en140213-3/en140213-3.h...>
- [27] ICN- UNAM. (2014). Energía esteral al alcance de la mano. Consulta realizada el 3 de marzo de 2014, en:
<http://comunicacionicn.blogspot.mx/2014/02/fusion-nuclear.html>
- [28] Michio Kaku. (2011). Fusion really is 20 years away. Consulta realizada el 4 de marzo de 2014, en:
<http://www.youtube.com/watch?v=4gRnezJNFro>
- [29] Foley, J. (2014). Cinco pasos para alimentar al mundo. National Geographic en Español Mayo 2014.
- [30] WWAP United Nations World Water Assessment Programme (2014). The United Nations World Water Development Report: Water and Energy. Paris, UNESCO. Disponible en:
<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002257/225741E.pdf>

Materiales y manufactura

- [31] Arkenberg, C. (2013). Cities of the future, built by drones, bacteria, and 3-d printers. Consulta realizada el 4 de febrero de 2014, en:
<http://www.fastcoexist.com/1681891/cities-of-the-future-built-by-drones-bacteria-and-3-d-printers>

- [32] Harvard University. (2014). Robobees. Consulta realizada el 14 de marzo de 2014, en: <http://robobees.seas.harvard.edu/>
- [33] Stuttgart University. (2014). ICD ITKE Research pavilion 2013-14. Consulta realizada el 14 de marzo de 2014, en: <http://icd.uni-stuttgart.de/?p=11187>
- [34] Harvard University. (2008). The TERMES Project. Consulta realizada el 14 de marzo de 2014, en: <http://www.eecs.harvard.edu/ssr/projects/cons/termes.html>
- [35] Wilson, M. (2013). How MIT is hacking thousands of worms to print buildings. Consulta realizada el 14 de marzo de 2014, en: <http://www.fastcodesign.com/1672770/how-mit-is-hacking-thousands-of-worms-to-print-buildings#1>
- [36] Otte, H., Vallon, S. (2013). Morfología III Pabellón de investigación 2013. Instituto de Diseño computacional / Instituto de Estructuras de la Edificación y Diseño Estructural, ICD/ITKE Universidad Stuttgart, Alemania.
- [37] SGL Group (2014). Carbocrete. Consulta realizada el 2 de abril de 2014, en: http://www.sglgroup.com/cms/international/innovation/carbocrete/index.html?_locale=en
- [38] Hopperton, L. (2012). Inspired by nature: How biomimicry is enabling the design of more intelligent and sustainable systems. Consulta realizada el 2 de abril de 2014, en: <http://www.eurekamagazine.co.uk/design-engineering-features/technology/inspired-by-nature-how-biomimicry-is-enabling-the-design-of-more-intelligent-and-sustainable-systems/43670/>
- [39] Hopperton, L. (2013). Creating bioplastics from banana peel. Consulta realizada el 10 de abril de 2014, en: <http://www.eurekamagazine.co.uk/design-engineering-news/creating-bioplastics-from-banana-peel/56363/>
- [40] Hopperton, L. (2013). Artificial spider silk is as strong as steel. Consulta realizada el 10 de abril de 2014, en: <http://www.eurekamagazine.co.uk/design-engineering-news/artificial-spider-silk-is-as-strong-as-steel/53055/>
- [41] Biomimicry Group Inc. (2014). Biomimicry 3.8. Consulta realizada el 10 de abril de 2014, en: <http://biomimicry.net/>

Otras tendencias

[42] Kunzig, R. (2011). La solución urbana. National Geographic en Español Diciembre 2011.

[43] Connelly, S. (2014). Looking Further with Ford 2014 Trends. Ford Motor Company.

[44] National Geographic (2006). Agua: La crisis del siglo XXI. National Geographic en Español (Ejemplar de colección) Enero 2006.

4. Generación de concepto (Escenarios futuros)

[45] Forum of the Future. (2011). Consumer futures 2020: Scenarios for tomorrow's consumers.

Consulta realizada el 7 de mayo de 2014, en:

<http://www.forumforthefuture.org/project/consumer-futures-2020/overview>