Cumplir los comentarios que se indican y entregar junto con la PI-A.

Universidad Autónoma Metropolitana
Azcapotzalco

Propuesta de Proyecto de Integración

Licenciatura: Ingeniería Mecánica
Nombre del Proyecto de Investigación (PI):
Diseño y cálculo de un sistema de refrigeración solar-térmico para el acondicionamiento ambiental de una edificación.

Modalidad: Proyecto de Investigación
Versión: Segunda
Trimestre lectivo: 15-O

Datos del alumno

Nombre: Jesús Alejandro Vela Martínez
Matrícula: 204310271
Correo electrónico [redacted]

Firma

Datos de los asesores

Nombre: Dr. Rubén José Dorantes Rodriguez
Categoría [redacted]
Departar
Correo e
Teléfono

Nombre: M. en I. Humberto Eduardo González Bravo
Categoría: [redacted]
Departame
Correo elec
Teléfono: (5

Universidad Autónoma Metropolitana Casa abierta al tiempo Azcapotzalco CBI División de Ciencias Básicas e Ingeniería
23 NOV 2015
COORDINACIÓN DE MECÁNICA

Fecha: 17/noviembre/2015

Declaratoria

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Jesús Alejandro Vela Martínez

Firma

Dr. Rubén José Dorantes Rodríguez

M. en I. Humberto Eduardo González Brave

1. Introducción

Un sistema de refrigeración solar consiste de tres subsistemas: el de potencia solar, el de refrigeración y el de acondicionamiento de aire, los cuales están acoplados. El subsistema de potencia solar contiene colectores solares, tanque de almacenamiento y una bomba, los cuales no trabajan en estado permanente pues la eficiencia de este subsistema depende de la temperatura de entrada del fluido de calentamiento y debido a la irradiación solar, que además cambia con el tiempo. Mientras que el subsistema de refrigeración, funciona de acuerdo a curvas de operación que relacionan la carga de refrigeración con la temperatura del fluido caliente que se le suministra y con la temperatura ambiente, que determinará la temperatura de condensación.

Para el diseño del sistema de refrigeración solar, además de considerar los elementos que integrarán al sistema, también se realizarán los cálculos termodinámicos que permitirán determinar las especificaciones técnicas necesarias de tales elementos, como las temperaturas de operación y las condiciones de control para poder determinar cuándo el sistema debe arrancar, cuándo debe parar, cuándo debe funcionar un sistema auxiliar de calentamiento y/o de almacenamiento térmico, etc.

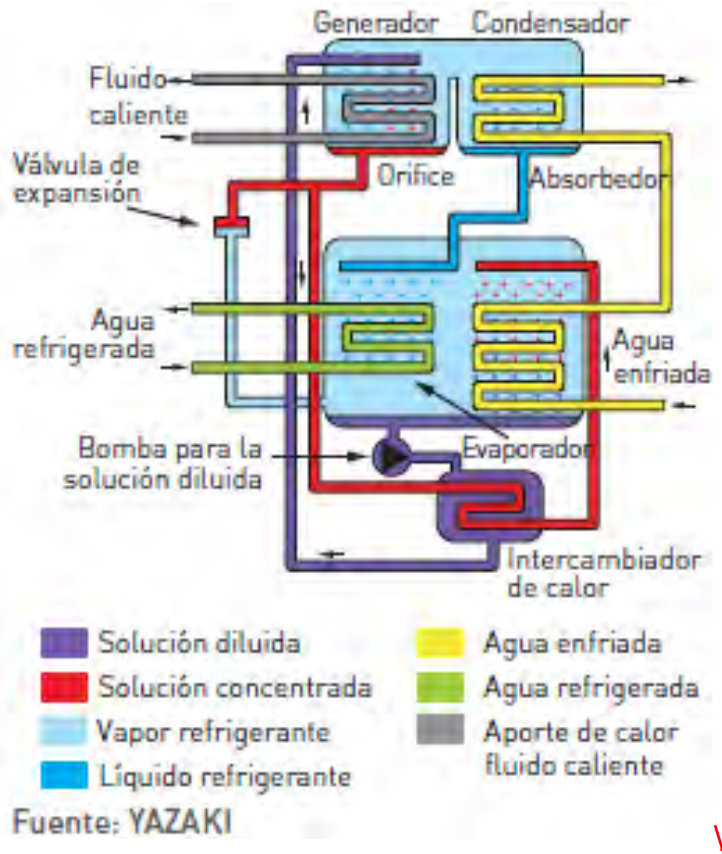
Un sistema de refrigeración solar-térmico requiere de un colector solar adecuado (Figura 1), pues el rendimiento de los captadores solares está estrictamente relacionado con la temperatura de operación del sistema y de las condiciones climáticas. En los sistemas cerrados impulsados por energía solar existen dos tecnologías para temperaturas medias (80°C-250°C): los colectores estacionarios de placa plana y de tubo evacuado y los colectores cilindro-parabólicos. Mientras que para bajas temperaturas (30°C-80°C) se pueden utilizar los colectores solares de placa plana o de tubo evacuado [1].

La tecnología dominante en enfriadoras térmicas se basa en el ciclo de absorción amoniaco-agua. El proceso físico básico consiste en dos componentes químicos como mínimo, uno de ellos sirviendo como refrigerante y el otro como absorbente.

Para la absorción (Figura 2), según los pares de sustancias que actúan como refrigerante/absorbente las máquinas pueden clasificarse en el siguiente orden:

- Agua (H_2O) / bromuro de litio (LiBr).
- Agua (H_2O) / cloruro de litio (LiCl).
- Amoniaco (NH_3) / agua (H_2O).

Figura 1. Colector solar plano [1].



En la figura 2, la fuente es Yazaki, pero no está en sus referencias

Figura 2. Esquema del ciclo de refrigeración por absorción [1].

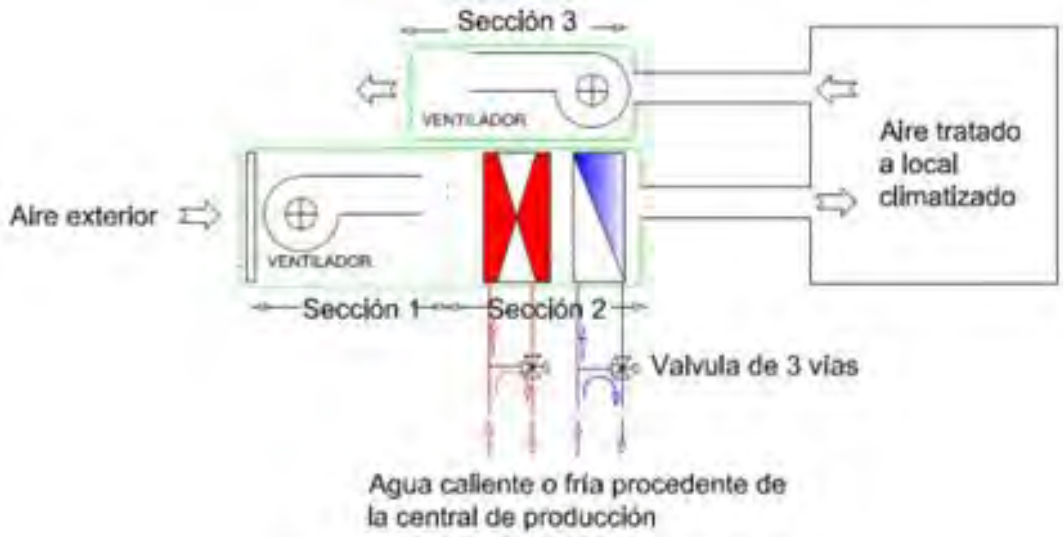


Figura 3. Esquema de un sistema fan and coil [3].

El acondicionamiento de aire se puede realizar con ayuda de un ventilo-convector, comúnmente conocido como fan and coil (Figura 3), el cual es un dispositivo que consiste en una batería o intercambiador de calor y un ventilador. Forma parte de los sistemas de climatización en edificios residenciales, comerciales o industriales [2].

Los fan-coils son los equipos emisores más utilizados en los sistemas de aire acondicionado por agua. Un fan-coil es un intercambiador de calor que incorpora un ventilador. Este ventilador, normalmente controlado por un termostato, extrae el aire de la habitación y lo hace pasar a través del serpentín de tubos de cobre que forman el intercambiador. Este serpentín está alimentado con agua fría (aire acondicionado) o agua caliente (calefacción). El aire, cuando fluye a través del serpentín, es enfriado o calentado antes de entrar en la habitación. El agua fría o caliente del sistema es producida de forma centralizada. En los sistemas de climatización impulsados por energía solar, se puede utilizar una enfriadora térmica [1].

Por lo tanto en este proyecto se pretende: diseñar y calcular un sistema de calentamiento solar acoplado a una máquina de refrigeración térmica por absorción y a un sistema de acondicionamiento de aire para una habitación de 80 m^3, lo cual se hará mediante un cálculo dinámico de las cargas térmicas según las condiciones meteorológicas de la ciudad de Monterrey, Nuevo León y las dimensiones de la edificación; finalmente se realizará una simulación en estado transitorio del sistema completo para enfriar agua que entrará en el fan and coil a 7°C, saldrá a 12°C y acondicionará un espacio a una temperatura de confort de 23°C.

2. Antecedentes

Los principios teóricos del ciclo de refrigeración por absorción se remontan al siglo XVIII, ya para los años 1859 y 1950 fueron utilizadas por primera vez las mezclas de trabajo Amoniaco/Agua y Agua/Bromuro de Litio respectivamente. Recientemente, el incremento en el costo de la electricidad y los problemas medioambientales han hecho que el calor proveniente de fuentes de energías renovables para los sistemas de refrigeración por absorción sea una opción atractiva para aplicar en el sector residencial, comercial e industrial [5].

En el artículo de González *et al* [5] se presenta un trabajo de investigación de modelado, simulación y estudio termodinámico para poder examinar a detalle el comportamiento de un sistema de refrigeración por absorción acoplado a colectores solares térmicos de tipo cilindro parabólico.

3. Justificación

El coeficiente de operación COP de un sistema de refrigeración por absorción tiene valores comprendidos entre 0.4 y 1.0, dependiendo del tipo de tecnología que se utilice. Al acoplarse un sistema de generación de potencia solar, el COP global de ambos sistemas disminuye, dependiendo del rendimiento del colector solar. Existen otros sistemas de refrigeración solar que pueden ser similares a un sistema convencional de refrigeración por compresión mecánica, por ejemplo el acoplamiento de un refrigerador por compresión con un sistema fotovoltaico, donde el COP de éste sistema alcanza valores del orden de 0.4, dependiendo del rendimiento del sistema fotovoltaico [4].

Hasta ahora la refrigeración solar por sorción (absorción y adsorción) no son competitivas comercialmente con los equipos por compresión mecánica, básicamente por sus costos más elevados, pero se espera que en los próximos años puedan tener costos más competitivos al reducir el costo de los equipos o cuando se puedan optimizar sistemas de refrigeración híbridos (como el solar térmico con gas.

Los sistemas de refrigeración por absorción son atractivos debido a que pueden emplear refrigerantes naturales (agua, amoniaco, etc.) los cuales satisfacen las normativas de los protocolos de Kioto y Montreal, aunado a esto pueden ser impulsados por energía solar, biogas, calor residual o energía geotérmica, por lo tanto evitando el consumo de combustibles fósiles [5].

Se espera que la información que se obtenga de la simulación en estado transitorio del sistema completo, aporte información sobre la viabilidad de su aplicación o bien para otros proyectos, además de minimizar costos al realizar una simulación con ayuda del software Excel.

Ya se le había hecho la observación del clima esperado, y aunque se menciona que es en la ciudad de Monterrey, se podría mencionar un dato como el de la temperatura máxima absoluta, que es de 48 $_{o}$C, de acuerdo con una búsqueda rápida en internet.

Sustituir la palabra rango por intervalo, ya que describe mejor la situación.

4. Ob

Objet
Diseñ ra una edificación en un clima cálido

Objetivos específicos:
Seleccionar y caracterizar técnicamente la máquina de refrigeración térmica por absorción.

Calcular de manera dinámica las cargas térmicas de una edificación pequeña de 80 metros cúbicos, según las condiciones del clima de la ciudad de Monterrey, Nuevo León, para un rango de confort de 22°C a 25°C.

Calcular el subsistema de acondicionamiento de aire (fan and coil) y su sistema de control.

Simular el sistema completo (subsistema de potencia solar, subsistema de refrigeración y subsistema de acondicionamiento de aire) en Excel, realizando un balance de energía considerando la variación de la irradiación solar y la velocidad del viento.

5. Metodología

- Se consultarán catálogos para seleccionar la máquina de refrigeración por absorción agua-amoniaco conveniente para la simulación, a partir de sus características técnicas y costos.
- Se recopilarán datos meteorológicos del Servicio Meteorológico Nacional de la ciudad de Monterrey para los últimos años (temperatura, humedad, velocidad del viento, irradiación solar, etc.).
- Se harán análisis energéticos con base en la primera ley de la Termodinámica de los tres subsistemas, de potencia solar, de refrigeración por absorción agua-amoniaco y de la edificación con el fan and coil, para hacer un cálculo dinámico de las cargas térmicas del sistema.
- Con el software Excel, se hará una simulación del sistema completo de refrigeración accionado con energía solar, tomando en cuenta las variables físicas significativas.

Se debe incluir la palabra “un” entre Hacer y análisis

6. Cronograma de actividades

Trimestre 16-I													
Actividades		Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Investigar conceptos teóricos y experimentos relacionados con el proyecto (potencia solar, refrigeración, sorción, etc.).												
2	Seleccionar una máquina de refrigeración térmica.												
3	Recopilar datos meteorológicos del Servicio Meteorológico Nacional (irradiación, temperatura ambiente y velocidad del viento).												
4	Hacer análisis energético de los tres subsistemas (potencia solar, refrigeración y acondicionamiento de aire).												
5	Calcular las cargas térmicas del sistema.												

Trimestre 16-P													
Actividades		Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Calcular las cargas térmicas del sistema (continuación).												
2	Analizar el sistema de control del subsistema de acondicionamiento de aire.												
3	Simular el sistema completo transitorio (considerando la variación de la irradiación solar, la temperatura ambiente y la velocidad del viento recopilada por el Servicio Meteorológico Nacional para la ciudad de Monterrey, de un año completo).												
4	Redactar, revisar y entregar el reporte final del proyecto de integración.												

7. Entregables

Se entregará el reporte del Proyecto de Integración, con los cálculos obtenidos a partir del diseño, cálculo y análisis energético del sistema (considerando también la selección del equipo de refrigeración y del colector solar) y el archivo informático de Excel para la simulación de dicho sistema.

8. Referencias bibliográficas

[1] Evaluación del potencial de climatización con energía solar térmica en edificios. Estudio técnico PER 2011-2020. IDAE. España.Páginas 32, 34, 38, 40,43,44, 47-49.

[2] Ventiloconvector. (2015). Consultado el 5 de noviembre de 2015. https://es.wikipedia.org/wiki/Ventiloconvector

[3] Díaz, J.F. (n.d.). Eficiencia energética y utopía.Consultado el 5 de noviembre de 2015. https://juanfrancisco207.wordpress.com/category/sistemas-de-climatizacion-2/

[4] Refrigeración por absorción. (2015). Consultado el 5 de noviembre de 2015. https://es.wikipedia.org/wiki/Refrigeración_por_absorción

[5] González L., Velázquez N., Sauceda D., Pando G., Cervantes M. Modelado y simulación de un sistema de absorción LiBr-H_2O de doble efecto activado con colectores solares de cilindro parabólico. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 1(3), 231-242.

9. Apéndices

No son necesarios.

10. Terminología

No es necesaria.

11. Infraestructura

No es necesario.

12. Estimación de costos

Partida			
$\left(\frac{Sueldo\ base\ semanal}{40\ horas}\right)$	Tiempo dedicado al proyecto (horas)	Estimación de la partida ($/hora de trabajo)	Subtotal ($)
Asesor	80	300	24000
Co-asesor	80	300	24000
Asesorías adicionales	0	0	0
Otro personal de la UAM	0	0	0
Equipo específico (renta de máquinas, herramientas, etc.)			0
Software específico (costo de la licencia de software)			0
Equipo de uso general (cómputo, impresora, etc.)			1000
Material de consumo			1000
Documentación y publicaciones			200
Otros (especificar)			0
		Total ($)	50200

13. Asesoría complementaria

No es necesario.

14. Patrocinio externo

No es necesario.

15. Publicación o difusión de los resultados

Se presentarán los resultados en la 40 Semana Nacional de Energía Solar en 2016 o en otro congreso de ingeniería en 2016.

Resumen de comentarios recibidos y acciones realizadas del proyecto:

Diseño y cálculo de un sistema de refrigeración solar-térmico para el acondicionamiento ambiental de una edificación.

COMENTARIO DEL CEIM		ACCIÓN REALIZADA EN LA PPI	
Pág.		Pág.	
1	Atender los comentarios y preparar la exposición.	*	Se atendieron todos los comentarios y se preparó la exposición.
1	Diseño de un sistema...	3	En el segundo párrafo se especifica más sobre el uso de los términos diseño y cálculo en la propuesta.
1	De la descripción del trabajo se desprende que se hará una selección de un equipo comercial. Los equipos comerciales están diseñados para trabajar en estado permanente, ¿cómo se relaciona la simulación en estado transitorio con las condiciones de diseño de los equipos comerciales? Revisar el doble uso de la palabra "térmico" en el título. Aclarar a qué se refiere con la palabra "diseño", porque parece que se hará una selección de equipo.	6 3 1	La selección del subsistema se menciona en el primer punto de la metodología, es solo una de las tres partes del sistema. En los dos primeros párrafos se especifica sobre el funcionamiento transitorio del sistema y sobre el contexto del diseño. El término térmico se cambió por ambiental en el título.
3	sólo si es de este estilo, la generalidad de los sistemas de refrigeración no requiere el colector solar.	3	En el tercer párrafo se especifica solar-térmico.
3	¿cuánto es medio?	3	Se especifica el rango.
3	¿cuánto es bajo?	3	Se especifica el rango.

4	especificar si va a usar los dos sistemas, individuales o acoplados.	5	Se menciona en el segundo párrafo que son acoplados.
4	¿de qué?	5	Se omitió.
4	¿volumen de aire a acondicionar? ¿la carga térmica?	5	Se menciona en el segundo párrafo.
5	esta afirmación contradice lo que se expone en la referencia [4].	5	Se redactó nuevamente en la justificación.
5	depende de la cantidad de placas.	5	Se redactó nuevamente en la justificación.
5	Diseñar un sistema ...	3	En el segundo párrafo se menciona.
5	...acondicionamiento de aire con energía solar...	6	Se corrigió en el objetivo general.
5	aclarar qué tipo de proceso se empleará.	6	Se especifica en el primer objetivo específico.
5	¿dimensiones?	6	Se especifica en el primer objetivo específico
5	¿cuál es el clima esperado? ¿cuál el rango de temperatura de confort esperado?	6	Se comenta en el segundo objetivo específico.
5	¿en qué software se realizará la simulación?	6	Se especifica en el cuarto objetivo específico.
6	sobra por estar implícito en cada uno de los demás.	6	Se eliminó.
6	¿qué tipo de máquina es la que se va a seleccionar? (ad/ab)sorción, compresión.	6	Se comenta en el primer punto de la metodología.
6	especificar el tipo de sistema a emplear (ad/ab)sorcion.	6	Se especifica en el primer punto de la metodología que es por absorción.
6	Aclarar si la simulación se hará con el sistema de refrigeración accionado con energía solar, y se va a comparar con el mismo sistema accionado con otro tipo de energía.	6	Se menciona en el último punto de la metodología lo que se hará.
6	¿cuáles son los dos subsistemas?	7	Se corrige en el punto 4 del primer trimestre del cronograma.
6	¿a qué se refiere con estado transitorio en este trabajo?	7	Se explica en el punto 3 del segundo trimestre del cronograma.
7	sería: selección del equipo	6	La selección del subsistema se menciona en el primer punto de la metodología, es solo una de las tres partes del sistema.