

Clave de la Propuesta	PPI- - -		
Puntos a considerar	Si	No	Observaciones/Comentarios
¿Se incluyen los datos de la <b>Portada</b> (licenciatura, título, modalidad, versión, declaratoria, firmas, etc.)?			
¿La extensión del <b>Título</b> es adecuada y sin abreviaturas?			
¿El <b>Título</b> refleja de forma clara lo que se trabajará en el proyecto?			
¿La <b>Introducción</b> describe en forma concisa el área de aplicación del proyecto?			
¿Los <b>Antecedentes</b> sitúan el proyecto propuesto respecto a otros trabajos?			
¿La <b>Justificación</b> describe la razón, relevancia o necesidad que origina el proyecto?			
¿El <b>Objetivo General</b> es claro y tiene relación directa con el proyecto a realizar?			
¿Los <b>Objetivos Particulares</b> se engloban en el objetivo general?			
¿La secuencia de actividades que se presenta en la <b>Metodología</b> es congruente con los objetivos y permite que se alcancen éstos?			
¿La <b>Descripción Técnica</b> presenta las especificaciones generales y particulares (materiales, dimensiones, normas, etc.), así como la explicación funcional de cada uno de los bloques del sistema a desarrollar?			
¿La <b>Normatividad</b> mencionada da un marco a la propuesta?			
¿El <b>Cronograma de Actividades</b> señala con claridad las tareas a realizar para alcanzar los objetivos del proyecto?			
¿El proyecto es realizable en el tiempo propuesto?			
¿Se encuentran indicados los <b>Entregables</b> dentro de la propuesta? ¿Se incluye explícitamente la entrega del <b>Reporte Final</b> ?			
¿Se incluyeron las <b>Referencias Bibliográficas</b> y estas cumplen con el formato solicitado?			
¿La <b>Terminología</b> específica del proyecto, que no es del conocimiento general en Ingeniería Mecánica, está claramente explicada?			
¿Se indican instalaciones, equipos y materiales que se requieren para realizar el proyecto?			
¿La propuesta tiene una redacción clara y sin faltas ortográficas?			
¿El enfoque del trabajo corresponde a un proyecto de Ingeniería Mecánica?			
Observaciones			
Estado de la propuesta			
( ) Autorizada      ( ) Revisada      ( ) No autorizada		Comité de Estudios de Ingeniería Mecánica	

División: Ciencias Básicas e Ingeniería.

Licenciatura: Ingeniería Mecánica.

Nombre del Proyecto de Integración: Diseño de una torre de enfriamiento para una empresa dedicada a la inyección de plásticos.

Modalidad: Proyecto tecnológico.

Versión: Segunda.

Trimestre Lectivo: 24P

Datos del alumno:

Cortés Facio David,

Matrícula: 210222575

Correo electrónico:

al210222575@azc.uam.mx



-----

Firma.

Datos del asesor:

M. en C. Gerardo Aragón González

Categoría: Titular.

Departamento de Energía.

Teléfono. (55) 53189057

Correo: gag@azc.uam.mx

Firma. \_\_\_\_\_

Datos del co-asesor.

Dr. Jesús Vicente González Sosa

Categoría: Asociado.

Departamento de Sistemas.

Teléfono. (55) 53189532 ext.142

Correo: jvgs@azc.uam.mx

Firma. \_\_\_\_\_

Fecha: 19/09/2024

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.

-----  
Alumno: Cortés Facio David

-----  
Asesor: M. en C. Gerardo Aragón González

-----  
Co-asesor: Dr. Jesús Vicente González Sosa

## 1. Introducción.

Las torres de enfriamiento son una infraestructura clave en el ámbito de la refrigeración industrial y el manejo de procesos térmicos. Las torres de enfriamiento son esenciales para optimizar la eficiencia energética en diversas aplicaciones, desde la generación de energía hasta procesos en la industria petroquímica, farmacéutica y alimentaria, ejemplo de ello se observa en la figura 1.

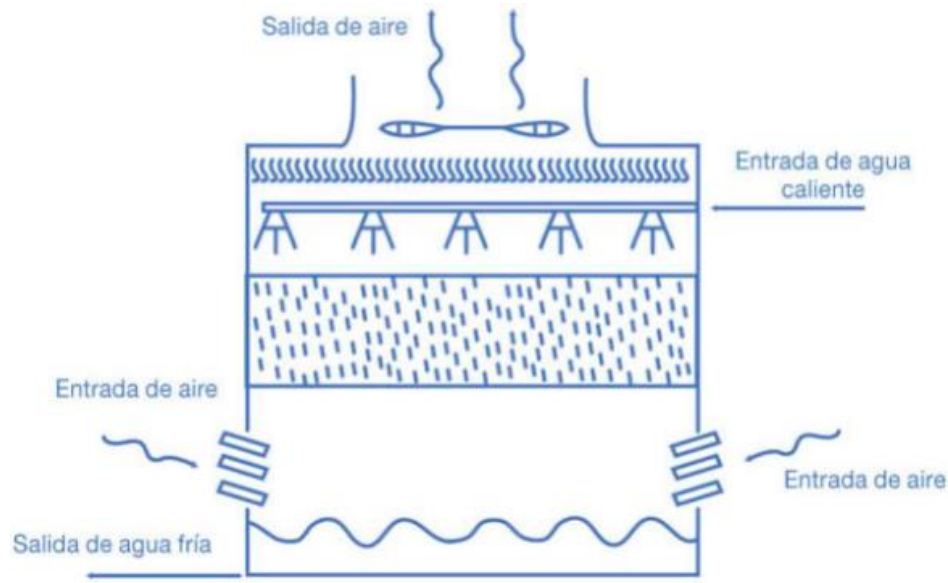


Figura 1. – Torre húmeda, tipo mecánico de contacto directo

En este proyecto, se diseñará una torre húmeda de contacto directo con sistema de tiro inducido y flujo cruzado para la empresa Plásticos Alica S.A. de C.V., empresa dedicada a la inyección de plásticos. La torre enfriará 3 cisternas de aguas de procesos de 70,000 litros cada una en su máxima capacidad, las cisternas están conectadas entre sí, estas trabajan con temperaturas entre los 10 °C y los 25 °C dependiendo la estación del año, la empresa cuenta con una torre, pero ya es una torre vieja y con fugas de agua, esta torre enfría el agua de cisternas en 2 °C cuando se espera que lo hiciera de 5 a 10 °C.

Basándonos en la temperatura de enfriamiento deseada, se realizará el diseño de la torre, para resolver los balances de energía y masa se utilizará el método Merkel – Poppe descrito por Del Olmo [1], obtendremos la carga térmica, el diferencial de temperatura, el diferencial de humedad y el número de Merkel, con estos datos podremos calcular las dimensiones estructurales de la torre, dimensiones del empaquetamiento, seleccionar el ventilador y bomba hidráulica adecuados, seleccionar los materiales de diseño de la torre. Se realizará un modelado en 3D en el software Autodesk Inventor y se simulará con el software Autodesk Fusion 360 para analizar el rendimiento térmico de la torre.



## 2. Antecedentes.

Del olmo [1] analizo el proceso de diseño de torres húmedas de flujo cruzado y contraflujo por tres métodos diferentes, comparando el método Merkel, Merkel – Poppe y  $\epsilon$  –NTU, propuso un ejemplo para ello y pudo observar que los métodos de Merkel y  $\epsilon$  –NTU no hay variación en el cálculo de la carga térmica, temperatura del aire a la salida y humedad específica del aire a la salida para ambos casos, más sin embargo, para el método Merkel – Poppe si hay variación para ambos casos ya que las torres en contraflujo necesitan una mayor superficie de contacto, llegando a la conclusión que el método de Merkel – Poppe es el mejor método de los 3 para torres húmedas, también presento una descripción detallada de las clasificaciones de las torres según el contacto del fluido, la forma en que circula el líquido, el empaquetamiento y otros factores, además explico sobre los materiales que son utilizados en su fabricación, este proyecto será tomado como referencia al momento de elegir los materiales de diseño de la torre y nos servirá de referencia al realizar los balances de energía y masa.

Ramírez y Villareal [2] realizaron un análisis térmico de una torre húmeda de enfriamiento, es una torre de concreto con doce celdas. Para los balances de energía y masa utilizaron el método de Merkel, calculan las entalpías del sistema y el número de Merkel, comparan los resultados del calor disipado de las doce celdas entre sí, toman una como base, la que toman como base sufrió reparaciones y trabaja en buenas condiciones. Este proyecto abrirá el panorama y servirá de comparativa al realizar los balances de energía y masa de la torre de enfriamiento que se diseñará en este proyecto

Pérez, Rodríguez y Regalado [3], en su artículo publicado en la revista Redalyc, realizaron el diseño de una torre de enfriamiento húmeda de contacto directo con sistema de tiro inducido, calculando la sección transversal y altura de la torre, altura del empaquetado y eligiendo el ventilador adecuado, este proyecto nos será de referencia al realizar el dimensionamiento de la torre y la elección del ventilador.

## 3. Justificación.

El enfriamiento de las cisternas de aguas de procesos es esencial, ya que alimentan equipos de enfriamiento de aceite de máquinas inyectoras y equipos de enfriamiento de moldes, si estos equipos reciben agua caliente el proceso de enfriamiento de los equipos se vuelve deficiente y esto provoca paro de máquinas y por ende paro de producción y pérdidas económicas. El tener una torre de enfriamiento adecuada para el enfriamiento de las aguas de procesos es indispensable para que los procesos de producción no se detengan.

## 4. Objetivos.

### Objetivo general.

Diseñar una torre húmeda de contacto directo con sistema de tiro inducido para enfriar aguas de procesos de una empresa dedicada a la inyección de plásticos.

### Objetivos particulares.

Elaborar un diseño detallado de la torre húmeda, considerando las especificaciones técnicas, materiales y dimensiones que favorezcan un contacto eficiente entre el aire y el agua.

Simular en Autodesk Fusion 360 el rendimiento térmico de la torre.

Analizar los datos obtenidos en las simulaciones y visualizar las posibles mejoras al diseño, si hay mejoras se realizarán al diseño, si no las hay se dará por finalizado el diseño.

## 5. Descripción técnica.

Para lograr los objetivos propuestos será necesario la toma de condiciones iniciales (temperatura de entrada y salida del agua, temperatura de entrada de aire de bulbo seco y bulbo húmedo, flujo másico de entrada del aire y agua), estas serán tomadas directamente en la empresa Plásticos Alica S.A. de C.V.

Se utilizará el método de Merkel – Poppe donde se tendrá que proponer una división del empaquetamiento con saltos térmicos de igual valor, se propondrá un valor de la humedad específica del aire a la salida del empaquetamiento, se evaluará si el sistema si es saturado o sobresaturado, se elegirán las ecuaciones correspondientes y se calculará la carga térmica, el diferencial de temperatura, el diferencial de humedad y el número de Merkel.

Con estos datos podremos calcular las dimensiones de la torre y su empaquetamiento, elegiremos los materiales de diseño de la torre y los equipos de suministro de aire y agua.

Se simulará en Autodesk Fusion 360, se simulará el rendimiento térmico de la torre.

Se analizarán los datos obtenidos en la simulación buscando posibles cambios en el diseño de la torre, si se encuentran se aplicarán los cambios al diseño y si no los hay, se dará por terminado el diseño.

Se realizará el reporte final con sus conclusiones.

## 6. Normatividad.

La Norma Oficial Mexicana, NOM-012-ENER-2019 [4], hace referencia a los límites, métodos de prueba, etiquetado y eficiencia energética de las unidades condensadoras y evaporadas utilizadas para refrigeración, esta norma es importante para el diseño de equipos de enfriamiento ya que los equipos diseñados deben de cumplir con lo que estipula la norma.

La norma ISO 5149-2:2014 (E) [5], “Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos medioambientales y de seguridad, PARTE 2: diseño, construcción, pruebas, etiquetado y documentación”, explica los materiales con que se construyen los equipos de refrigeración y además de tener toda la documentación en regla. Esta norma es importante para el diseño y fabricación de equipos de enfriamiento, esta norma explica cómo dar un seguimiento correcto de todos los materiales usados en la fabricación.

Norma 15-2016 ASHRE [6], también toca el tema de los materiales utilizados en los sistemas de refrigeración, aportará un panorama más amplio a la hora de elegir los materiales a utilizar.

## 7. Cronograma de actividades.

UEA para la que se solicita autorización.

- Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

Trimestre de inicio de actividades.

- Trimestre 24-O

	ACTIVIDADES DEL TRIMESTRE 24-O	SEMANA											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Investigar documentalmente a cerca del proyecto (retroalimentación teórica), consultar normas que se relacionen con el proyecto.	■	■										
2	Tomar condiciones iniciales de la torre.			■									
3	Realizar los balances de energía y masa, dimensionar la torre y seleccionar materiales para su construcción, seleccionar equipos necesarios para suministro de agua y aire.				■	■	■						
4	Simular en 3D el rendimiento térmico de la torre							■	■				
5	Análisis de resultados obtenidos en la simulación y búsqueda de posibles cambios en el diseño.									■	■	■	
6	Realizar y entregar el reporte final.												■

## 8. Entregables.

Reporte Final.

Prototipo.

Bases de datos.

Planos y archivos de CAD.

## 9. Referencias bibliográficas.

- [1] Del Olmo D. V., 2013, "Diseño y simulación de torres de enfriamiento húmedas", Tesis, Universidad Carlos III de Madrid.
- [2] Ramírez H. D. y Villareal C. R., 2008, "Evaluación del desempeño térmico de la torre de enfriamiento CT-502", Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [3] Pérez S. T., Rodríguez M. Y. y Regalado N. D., 2018, "Cálculo de los parámetros de funcionamiento para la selección de una torre de enfriamiento", Redalyc, 20, (4).
- [4] NOM-012-ENER-2019, "Eficiencia energética de unidades condensadoras y evaporadoras para refrigeración. Límites, métodos de prueba y etiquetado."
- [5] ISO-5149-2:2014(E), "Refrigerating systems and heat pumps- safety and environmental requirements, part 2, desing, constriction, testing, marking and documentation".
- [6] Norma para Seguridad de Sistemas de Refrigeración, 2016. "Norma 15-2016 ASHRE" de [preview\\_ANSI+ASHRAE+15-2019+\(SPANISH+LANGUAGE\).pdf](#)

## 10. Terminología.

No es necesaria.

## 11. Infraestructura.

Programa de desarrollo profesional en automatización.

## 12. Asesoría complementaria.

No es necesaria.

## 13. Publicación o difusión de los resultados.

No es necesaria.



En la columna de comentarios de CEIM la disposición es la siguiente, primero se colocó el texto marcado en amarillo en la PPI, después del guion y entre comillas viene el comentario realizado por el CEIM.

COMENTARIO DEL CEIM		ACCIÓN REALIZADA EN LA PPI	
pág.	Falta logo de la universidad en la portada.	pág.	Se coloca logo de la universidad en la portada.
pag.	torre húmeda de contacto directo - "¿Cuál es la diferencia de esto con una torre de enfriamiento?"	pag.	Son descripciones de la torre de enfriamiento que se va a diseñar, se cambia en el título por "torre de enfriamiento" y la descripción de la torre se colocara en la introducción.
pag.	para una empresa dedicada a la inyección de plástico - "esto da la idea que se destina a una empresa en particular, pero en la introducción se generaliza el uso"	pag.	Se coloca el nombre de la empresa en la introducción.
expo .	Hacen la pregunta, ¿va dirigida tu propuesta a una empresa en específico?	expo .	Se hace el comentario que va dirigido a una empresa en particular y se pone el nombre de la empresa en la introducción.
pag.	"Organizar el texto".	pag.	Se organiza el texto en la portada, trimestre y datos del alumno
pag.	Departamento de co-asesor - "Sistemas".	pag.	Se realiza el cambio a departamento de Sistemas
pag.	"Sobra espacio".	pag.	Se ajusta la imagen de modo que no sobre espacio.
pag.	En este proyecto, se diseñará una torre húmeda de contacto directo con sistema de tiro inducido para enfriar 3 cisternas de aguas de procesos de 70,000 litros cada una, conectadas entre sí, que puede ser utilizada en empresas dedicada a la inyección de plásticos, con base en la capacidad se explorarán diversos aspectos del diseño de la torre, para calcular los balances de energía y masa necesarios se utilizará el método Merkel – Poppe [1], con los datos obtenidos se elegirá el empaquetamiento adecuado y calcularán las dimensiones del ventilador, la geometría de la torre y	pag.	Se organizan las ideas dentro del párrafo incluyen las temperaturas de trabajo y las temperaturas de enfriamiento deseadas.

	la selección de materiales para garantizar un funcionamiento óptimo. La construcción de un prototipo a escala permitirá validar los parámetros de diseño y si es necesario, realizar cambios en el mismo para mejorar la eficiencia de la torre de enfriamiento. - "Corregir la redacción, hay múltiples ideas en una sola oración de 7 renglones. Falta información de las temperaturas de trabajo, caudales, etc."		
expo	Se hacen preguntas sobre el prototipo que se desea fabricar, ¿Por qué no está incluido en el título?, ¿Cuál es su función?, ¿Será funcional y se podrá evaluar físicamente?, ¿Es un prototipo o un modelo a escala?, si es un modelo a escala y solo servirá de apoyo es mejor que no aparezca en la PPI.	expo	En la presentación se hace el comentario que será un modelo a escala y no un prototipo, no será funcional y solo servirá de apoyo visual a la hora de buscar posibles cambios físicos en el diseño de la torre, por la recomendación que se hizo en la presentación, el modelo a escala no será mencionado en la PPI.
pag.	empresas dedicada - "falta congruencia en la cantidad"	pag.	Se corrige
pag.	plásticos, con base - "separar las oraciones"	pag.	Se colocan puntos para separar oraciones
pag.	Merkel - Poppe [1], con los - "revisar redacción"	pag.	Se revisa la forma de citar ASME y se hacen los cambios correspondientes
pag.	"Excede la longitud indicada para esta sección. No se describe la simulación numérica, si acaso forma parte de la solución planteada."	pag.	Se corrige el largo de la introducción para no sobrepasar 1 cuartilla, se incluye la simulación como parte de la solución del problema.
pag.	Del Olmo [1] en su proyecto de fin de carrera trata sobre el diseño - "mejorar la redacción"	pag.	Se hacen cambios en la redacción.
pag.	Del Olmo [1] al igual que Ramírez y Villareal [2], consideran como base en el método de Merkel para realizar los balances de masa y energía - "resulta confuso y redactar en pretérito"	pag.	Se hacen cambios en la redacción.
pag.	Del Olmo [1] hace una comparación entre el método Merkel, Merkel – Poppe y $\epsilon$ –NTU para un ejemplo que propone, los tres métodos no	pag.	Los tres párrafos que había los sintetizo en dos dividiendo las referencias.

	varían por mucho, esto abrirá el panorama para realizar el proyecto - "sintetizar los tres párrafos anteriores en uno solo que haga referencia a [1] y otro a [2]"		
pag.	Pérez, Rodríguez y Regalado [3], en su artículo publicado en la revista Redalyc - "revisar la redacción de todo el párrafo"	pag.	Se hacen cambio en el párrafo.
pag.	método Merkel - "describir en la introducción y su importancia en su trabajo"	pag.	Se agrega en la introducción el método que se utilizara para realizar los balances de energía y masa.
pag.	a la hora de - "usa una redacción formal"	pag.	Se corrige la redacción.
pag.	La creciente demanda de eficiencia energética y el uso sostenible de los recursos en diversas industrias han llevado a la necesidad de desarrollar tecnologías que mejoren los procesos de enfriamiento y transferencia de calor. En referencias bibliográficas y en visitas que se han tenido, principalmente a plantas de inyección de plástico, es muy recurrente contar con un deficiente enfriamiento de las aguas de procesos, llamadas así porque se destinan a la realización del proceso de producción o sirven de apoyo para que el proceso se realice. Muchas veces el mismo crecimiento de la planta y/o una mala planeación influyen para que esto suceda y ahí reside - "corregir redacción"	pag.	Se hacen correcciones en la redacción.
pag.	el principal objetivo de este proyecto: se diseñará una torre de enfriamiento que sea eficiente para enfriar tres cisternas de agua de procesos de 70,000 litros conectadas entre sí, cisternas para empresas dedicadas a la inyección de plástico. - "el objetivo va en su propia sección, no en la justificación"	pag.	Se quita el objetivo de la justificación.
pag.	estos desafíos - "¿Cuáles?"	pag.	Se hace cambio en la justificación y esa frase ya no aparece.

pag.	Diseñar un prototipo, el cual mediante análisis dimensional, modele una torre húmeda de contacto directo con sistema de tiro inducido que se capaz de enfriar tres cisternas de procesos con capacidades de 70,000 litros cada una, conectadas entre sí, cisternas de una empresa dedicada a la inyección de plásticos. - "revisar redacción, hay ideas revueltas, demasiado extenso"	pag.	Se corrige el objetivo general
pag.	Objetivo General - "General en minúsculas"	pag.	Se hace el cambio.
pag.	Objetivos Específicos - "particulares"	pag.	Se coloca objetivos particulares
pag.	Construir el prototipo - "sale del alcance del objetivo general y del título, ¿en qué escala?, en su caso, incluirlo en el ambos	pag.	Se quita todo lo relacionado al prototipo ya que solo es modelo a escala.
pag.	análisis CFD - "¿Cuáles? No se han mencionado que se harán, ¿se tomarán de otro trabajo?"	pag.	Se incluye la simulación del rendimiento térmico de la torre.
pag.	visualizar las posibles mejoras - "parece que hay más de un objetivo en este párrafo.	pag.	Se separan objetivos particulares.
pag.	Descripción técnica - "no es congruente con lo que incluye"	pag.	Se corrige contenido del apartado.
pag.	nos aportará - entrega un versión corregida	pag.	Se elimina el "nos"
pag.	Actividades del trimestre 24-O - "los verbos deben de estar en infinitivo"	pag.	
pag.	incluye el tamaño y material del prototipo, así como las condiciones de trabajo de la torre de enfriamiento. - "si no se ha realizado el diseño, ¿Cómo se puede resolver esta etapa?"	pag.	Se corrige actividad especificando que las condiciones que se mencionan son las iniciales, las cuales serán recabas en la empresa.
pag.	literaria - "¿es una palabra adecuada?"	pag.	Se cambia por documental
pag.	Calcular los balances - "Realizar"	pag.	Se hace el cambio.

pag.	No aplica - "Revisar tamaño de la letra, la respuesta debe ser: No es necesaria, Revisar esto en las respuestas de 11 a 13."	pag.	Se hacen correcciones.
------	--	------	------------------------