





---

---

**BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**TÍTULO:**

**“DISEÑO E INGENIERÍA BÁSICA PARA CREAR UN LABORATORIO DE  
OPERACIONES UNITARIAS VIRTUAL, BASADO EN EL LABORATORIO DE  
LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA”**

**QUE PRESENTA:**

**GUILLERMO GABRIEL SERDIO MATA**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DIRECCIÓN DE TESIS:**

**M.I. FRANCISCO MANUEL PACHECO AGUIRRE**

**H. PUEBLA DE ZARAGOZA NOVIEMBRE 2014**



Oficio No. FIQ/AC/803/2014

**C. GUILLERMO GABRIEL SERDIO MATA**  
**PASANTE**  
**LICENCIATURA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**PRESENTE:**

Por medio del presente me permito informarle, de la aprobación del Registro de Tema de Tesis de la Licenciatura en Ingeniería Ambiental cuyo título es el siguiente:

“DISEÑO E INGENIERÍA BÁSICA PARA CREAR UN LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS VIRTUAL, BASADO EN EL LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA”

Con el siguiente contenido:

**INTRODUCCIÓN**

<b>CAPITULO 1</b>	<b>GENERALIDADES DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS (L.O.U.)</b>
<b>CAPITULO 2</b>	<b>HERRAMIENTAS DE DISEÑO Y VIRTUALIZACIÓN</b>
<b>CAPITULO 3</b>	<b>PLAN DE TRABAJO</b>
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS AUXILIARES</b>
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>DISEÑO DE LOS EQUIPOS DEL L.O.U.</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	

Director de Tesis: M. I. Francisco Manuel Pacheco Aguirre

Lo cual me permito comunicarle para su conocimiento y fines consiguientes aclarando que la vigencia de este tema será **ÚNICAMENTE POR UN AÑO.**

**ATENTAMENTE**  
“Pensar Bien, Para Vivir Mejor”  
H. Puebla de Z., 18 de agosto del 2014

  
M.I.C. MA. GPE. TITA VÁZQUEZ E. DE LOS ANGELES  
SECRETARÍA ACADÉMICA



C.c.p. Director de Tesis: M. I. Francisco Manuel Pacheco Aguirre  
Minutario Facultad de Ingeniería Química



**Benemérita  
Universidad Autónoma de Puebla**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA**

**LIC. Ma. Cristina Laura Gómez Aguirre.**  
**Directora de la Administración Escolar**  
**De la BUAP.**  
**Presente**

**ASUNTO:**  
**AUTORIZACIÓN**  
**IMPRESIÓN DE TESIS**

Por este conducto me permito presentar a Ud. al C. pasante de la carrera de Ingeniería Ambiental:

**Guillermo Gabriel Serdio Mata**

Quién presenta como tema de tesis:

Diseño e ingeniería básica para crear un laboratorio de operaciones unitarias virtual, basado en el laboratorio de la facultad de ingeniería química.

La cual ha sido debidamente revisada y se autoriza para su impresión correspondiente.

Sin otro particular y para los fines que se estimen conducentes reitero mi distinción.

ATENTAMENTE

**“Pensar Bien, para Vivir Mejor”**

H. Puebla de Z., a 22 de noviembre de 2014

Director de Tesis  
M.I. Francisco Manuel Pacheco Aguirre

¿Por qué esta magnífica tecnología científica, que ahorra trabajo y nos hace la vida más fácil, nos aporta tan poca felicidad?

La respuesta es la siguiente: simplemente; porque aún no hemos aprendido a usarla con tino.

Albert Einstein

*(1879-1955) Científico alemán nacionalizado estadounidense.*

## **DEDICATORIA**

La presente tesis la dedico a mi hermana y a mi madre, por los años de apoyo incondicional que me han brindado en cada momento, para que pudiera lograr llegar a una de mis metas; terminar mi carrera profesional.

A mi madre Esperanza, primordialmente, por ser la persona que, no solo me trajo al mundo, ni tampoco por ser la persona que veló por mis estudios y toda mi formación, ni mucho menos por haber luchado contra todo y contra todos para defender mis estudios profesionales, ¡a veces más que yo!, sino también por ser el pilar de mi hogar durante toda una vida.

A mi Hermana Valeria, porque ha sido para mí una pequeña mujer que con su ejemplo, a su corta edad no ha claudicado en los esfuerzos diarios por la superación.

A Karla Paola por incidir y ser instrumento de Dios para terminar el presente trabajo con ahínco, dedicación y aceptar ser parte de un futuro mas prometedor.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A mis catedráticos y profesores que han sabido guiarme por un camino de sabiduría y a la vez he encontrado en ellos buenos amigos, que me han hecho verla perspectiva de un futuro más prometedor; ayudándome a cerrar las puertas de mi estancia en la universidad, para abrir nuevas ventanas al porvenir.

A Karla Paola por incidir y ser instrumento de Dios para terminar el presente trabajo con ahínco, dedicación y aceptar ser parte de un futuro más prometedor.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El problema deriva de la inexistencia de información completa en lo que respecta a la estructura funcional de Laboratorio de Operaciones Unitarias, así como también no existe información de los servicios auxiliares, tomando en cuenta dentro de estos, los medios a través de los cuales se suministran al Laboratorio de Operaciones Unitarias, tal es el caso de tuberías que abastecen de agua, cableado eléctrico, gas, por mencionar algunos, esto nos permite tomar decisiones respecto al posible cambio en el marco estructural, disposición y orientación que se requiere día con día por un mundo que está en constante cambio.

## **JUSTIFICACIÓN**

Es imperativo poder realizar cambios sustanciales en la ubicación, estructuración y disposición así como también modificaciones que permitan adaptar al Laboratorio de Operaciones Unitarias, las transformaciones que existen en un mundo que constantemente se encuentra cambiando para ello se hace imprescindible contar con información rápida precisa pero sobre todo funcional.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

1. Fusionar la ingeniería básica y un software de diseño que permita virtualizar el laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

1. Recopilar toda la información disponible del Laboratorio de Operaciones Unitarias (L.O.U.).
2. Investigar la información existente acerca del diseño virtual y las herramientas (software) que lo conforman.
3. Elaborar un plan de trabajo para el diseño virtual del Laboratorio de Operaciones Unitarias.
4. Llevar a cabo el diseño y virtualización de Laboratorio de Operaciones Unitarias.
5. Acoplar y estructurar los elementos diseñados.
6. Realizar las pruebas del diseño virtual.
7. Generar un recorrido virtual.

## ÍNDICE GENERAL

### **CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS (L.O.U.)**

1.1 PARA QUE SIRVE UN LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS.	3
1.2 OPERACIONES UNITARIAS.	4
1.2.1 PRINCIPIOS Y DEFINICIONES.	4
1.2.2 MECÁNICA DE FLUIDOS	7
1.2.3 FLUIDIZACIÓN	7
1.2.4 TRANSFERENCIA DE CALOR.	8
1.2.5 EVAPORACIÓN.	9
1.2.6 DESTILACIÓN	10
1.2.7 AGITACIÓN Y MEZCLA DE LÍQUIDOS.	10
1.2.8 ABSORCIÓN DE GASES.	11
1.2.9 SEPARACIÓN DE LÍQUIDOS.	11
1.2.10 ÓSMOSIS INVERSA.	12
1.2.11 LIXIVIACIÓN.	13
1.2.12 CRISTALIZACIÓN.	14
1.3 HISTORIA DEL LOU DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA	14
1.4 ENTREVISTAS CON DIRECTIVOS, MAESTROS Y PERSONAL ADMINISTRATIVO	15

1.4.1 ENTREVISTA CON EL M.C. OSCAR ARROYO PORRAS DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUIMICA DE LA BUAP.	16
1.4.2 ENTREVISTA CON LA M.I.Q. MARÍA GPE. TITA ESPINOSA DE LOS MONTEROS, DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUIMICA DE LA BUAP	20
1.4.3 ENTREVISTA CON M.A. ELÍAS JIMÉNEZ SALGADO, DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUIMICA DE LA BUAP.	24
1.5 SERVICIOS AUXILIARES DEL L.O.U	26
1.5.1 AGUA TRATADA	27
1.5.2 TANQUE DE ENFRIAMIENTO	28
1.5.3 SERVICIO DE DESIONIZACIÓN DE AGUA.	30
<b>CAPÍTULO 2. HERRAMIENTAS DE DISEÑO Y VIRTUALIZACIÓN.</b>	
2.1 DEFINICIÓN DE VIRTUALIZACIÓN	32
2.2 DISEÑO EN INGENIERÍA	33
2.3 PROGRAMAS DE DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA.	35
2.3.1 AUTOCAD.	36
2.3.2 ARCHICAD	39
2.3.3 REVIT ARCHICAD	42
2.3.5 ALLPLAN FT	44
2.3.6 CYPECAD	47
2.3.7 SKETCHUP	49

## **CAPÍTULO 3. PLAN DE TRABAJO**

3.1 VIRTUALIZACIÓN DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS	54
3.1.1 VIRTUALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS AUXILIARES	55
3.1.2 VIRTUALIZACION DE EQUIPOS	61

## **CAPÍTULO 4. INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS AUXILIARES**

4.1 INFRAESTRUCTURA	70
4.1.1 INFRAESTRUCTURA EXTERNA	70
4.1.2 INFRAESTRUCTURA INTERIOR	77
4.2 SERVICIOS AUXILIARES	85

## **CAPÍTULO 5. DISEÑO DE LOS EQUIPOS DEL LOU**

5.1 OPERACIONES UNITARIAS	102
5.1.1 COLUMNA DE ABSORCIÓN	102
5.1.2 DESTILACIÓN DE SOLVENTES	104
5.1.3 REACTORES BIOLÓGICOS	107
5.1.4 MUFLA	108
5.1.5 DIGESTIÓN ANAEROBIA	110
5.1.6 EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO, LÍQUIDO-SÓLIDO	114
5.2 PROCESOS UNITARIOS	131

5.2.1 SISTEMA DE AGUA DESIONIZADA	118
5.2.2 DINÁMICA DE FLUÍDOS	120
5.2.3 FLUIDIZACIÓN LÍQUIDO-SÓLIDO	123
5.2.4 SISTEMAS DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	126
5.2.5 MARMITA	127
5.2.6 UNIDAD DE FILTRACIÓN	128
CONCLUSIONES	121
BIBLIOGRAFÍA.	131

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPITULO 1

Figura 1. 1 Equipos e instalaciones interiores actuales del laboratorio de operaciones unitarias.	2
Figura 1. 2 Tanque receptor de agua de desecho de la línea de salida de los equipos.	15
Figura 1. 3 Tubería que alimenta el tanque de enfriamiento con agua de desecho de los equipos.	15
Figura 1. 4 Equipo de Agua de enfriamiento mod.PS-EL-300 y equipo de servicio de enfriamiento modular de agua” modelo SA-AE-012.A.	17
Figura 1. 5 Servicio de desionización y filtración el cual brinda agua desionizada a la demás facultades, con laboratorios que la requiera.	18

Figura 1. 6 Fotografía de L.O.U. en sus inicios	19
Figura 1. 7 Fotografía representativa en la elaboración de una práctica en los inicios del L.O.U.	22
Figura 1. 8 Bitácora de registro con fecha, hora de ingreso y salida del usuario.	23
Figura 1. 9 Fotografía del LOU en épocas anteriores.	24
Figura 1. 10 Fotografía del desarrollo de la primera torre empacada, elaborada por alumnos.	27
Figura 1. 11 Vista externa del laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.	29

## **CAPÍTULO 2**

Figura 2. 1 Esta figura es la imagen que presenta AUTOCAD.	37
Figura 2. 2 Imagen de trabajo de AUTOCAD 2000.	37
Figura 2. 3 Imagen representativa de diseño de ARCHICAD.	41
Figura 2. 4 Imagen representativa de REVIT ARCHICAD muestra las principales modificaciones.	43
Figura 2. 5 Proyecto realizado en ALLPLAN FT	45
Figura 2. 6 Imagen de la hoja de diseño ilustra las principales herramientas de ALLPLAN FT	46
Figura 2. 7 Virtualización de una casa en ALLPLANT FT	46

Figura 2. 8 Imagen que ilustra las principales herramientas junto con el área de diseño del CYPECAD	47
Figura 2. 9 Imagen representativa del área de trabajo de SKETCHUP.	51
<b>CAPÍTULO 3</b>	
Figura 3. 1 Organigrama estratégico general del plan de trabajo para la virtualización del L.O.U.	54
Figura 3. 2 Subdivisión de la infraestructura y los servicios auxiliares para su virtualización	56
Figura 3. 3 Subdivisión de la infraestructura y espacios del LOU para su virtualización.	57
Figura 3. 4 Subdivisión para la virtualización de los servicios auxiliares	60
Figura 3. 5 Clasificación para la virtualización de los equipos.	60
Figura 3. 6 Clasificación de los equipos en operaciones unitarias para una mejor virtualización.	64
<b>CAPÍTULO 4</b>	
Figura 4.1 Ubicación exacta del Laboratorio de Operaciones Unitarias (L.O.U.)	70
Figura 4.2 Vista Exterior del L.O.U. ubicado en la facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, campus Ciudad Universitaria.	71
Figura 4.3.- Virtualización de la parte exterior frontal del Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) con vista hacia Avenida San Claudio colonia San Manuel.	72
Figura 4.4.-Vista panorámica norte del L.O.U. donde se puede apreciar una de las dos puertas del almacén principal, donde se resguardan dos tanques hidroneumáticos.	73

Figura 4.5.- Muestra la proyección virtual de la salida de emergencia.	74
Figura 4.6.- Muestra la fachada posterior o pasillo de acceso.	75
Figura 4.7.- Representación virtual de la parte posterior del L.O.U.	75
Figura 4.8.- Vista del L.O.U. desde el parque del bicentenario.	76
Figura 4.9.- Virtualización de la perspectiva sursureste del L.O.U.	77
Figura 4.10.- Apreciación del recibidor del L.O.U. y puerta de acceso.	78
Figura 4.11.- Virtualización del recibidor del L.O.U.	78
Figura 4.12.- Vista hacia el oeste en el interior del L.O.U.	79
Figura 4.13.- Percepción hacia el oeste donde se aprecia la entrada al laboratorio de cárnicos y procesamiento de alimentos.	80
Figura 4.14.- Vista estructural de la parte noreste del L.O.U.	81
Figura 4.15.- Corte estructural de las cavidades de ventilación, vista Noreste.	81
Figura 4.16.- Corte estructural de la parte sur del L.O.U.	82
Figura 4.17.- Virtualización de la placa estructural interna zona sur.	83
Figura 4.18.- Sala de conferencias que pertenece al mismo edificio.	83

Figura 4.19.- Virtualización de la sala de conferencias del mismo edificio.	84
Figura 4.20.- Ubicación del tanque de Agua de servicio o Agua cruda.	85
Figura 4.21.- Virtualización de la ubicación del contenedor de Agua de capacidad de 1100 litros marca Rotoplas reforzado que se encuentra sobre el techo del L.O.U en el ala norte	86
Figura 4.22.- Ubicación del tanque elevado para servicio de los cuartos de baño y mantenimiento.	87
Figura 4.23.- En esta figura se aprecia la localización del segundo tanque elevado virtual que en la realidad fue posible capturar solo al tener acceso a la planta superior.	88
Figura 4.24.- Entrada al cuarto de mantenimiento y acceso al LOU y almacén.	88
Figura 4.25.- Acceso hacia el LOU virtual, al almacén y cuarto de mantenimiento.	89
Figura 4.26.- Ubicación real de las dos cisternas abastecedoras del L.O.U.	90
Figura 4.27.- Comparación de la Ubicación virtual de las dos cisternas.	90
Figura 4.28.- Situación virtual del interior de las cisternas abastecedoras donde se aprecia la intercomunicación entre los fondos de cada una de ella.	91
Figura 4.29.- Enchufes tomacorriente aterrizados de 120 volts. y enchufes tipo "C Europeo" de corriente alterna a 220 volts.	92
Figura 4.30.- Virtualización de los enchufes tomacorriente tipo "B" de 3 polos y uno de tipo "canadiense" de tres polos.	92
Figura 4.31.- Se muestran las tuberías que dan servicio al rededor del L.O.U.	93
Figura 4.32.- Imagen Virtual del conjunto de tuberías con las que se dan diferentes servicios al lado noroeste L.O.U. incluyendo al equipo de agua de enfriamiento.	94

Figura 4.33.- Imagen virtual del conjunto de tuberías que dan servicio del lado sureste del L.O.U.	94
Figura 4.34.-Tubería donde se transporta y protege el cableado eléctrico.	95
Figura 4.35.- Virtualización de la tubería eléctrica de alto y bajo voltaje.	96
Figura 4.36.- Vista del canal de drenaje interno que se extiende debajo de las rejillas de servicio.	97
Figura 4.37.- Virtualización de la vista panorámica de las rejillas que cubren el drenaje interno del Laboratorio de Operaciones Unitarias.	98
Figura 4.38.- Vista frontal de la oficina de control del L.O.U.	99
Figura 4.39.- Proyección del interior de la oficina de control.	99
Figura 4.40.- Vista frontal y acceso a la oficina de despacho ubicada en la zona suroeste dentro del L.O.U. junto a la entrada del mismo.	100
Figura 4.41.- Vista frontal de la oficina de control y cubículos.	100

## CAPÍTULO 5

Figura 5.1 Torre de absorción del LOU.	104
Figura 5.2 Virtualización de la columna de absorción.	104
Figura 5.3 Fotografía frontal del equipo de destilación del LOU.	106
Figura 5.4 Virtualización de la columna de destilación de solventes	106

Figura 5.5 Fotografía de los reactores biológicos del LOU	108
Figura 5.6 Virtualización de los reactores biológicos.	108
Figura 5.7 Vista frontal de la mufla del L.O.U.	109
Figura 5.8 Virtualización de la mufla del L.O.U.	110
Figura 5.9 Digestor anaerobio de lodos de una etapa..	111
Figura 5.10 Digestor anaerobio de lodos de doble etapa..	112
Figura 5.11 Fotografía del digestor anaerobio de lodos..	113
Figura 5.12 Virtualización del digestor anaerobio de lodos..	113
Figura 5.13 Sistema de extracción líquido-líquido del L.O.U.	115
Figura 5.14 Virtualización del equipo de extracción líquido-líquido.	115
Figura 5.15 Sistema de extracción sólido-líquido del L.O.U.	116
Figura 5.16 Virtualización del sistema de extracción sólido-líquido.	117
Figura 5.17 Sistemas de extracción liq-liq y sol-liq..	117
Figura 5.18 Sistema de desionización de agua del L.O.U.	120

Figura 5.19 Virtualización del sistema de desionización de agua.	120
Figura 5.20 Equipo de estudio de mecánica de flúidos del L.O.U.	122
Figura 5.21 Virtualización del sistema de mecánica de flúidos..	123
Figura 5.22 Sistema de fluidización liquido-sólido del L.O.U.	125
Figura 5.23 Virtualización del sistema de fluidización del L.O.U.	125
Figura 5.24 Fotografía del sistema de agua de enfriamiento del L.O.U.	126
Figura 5.25 Imagen virtual del sistema de agua de enfriamiento.	127
Figura 5.26 Fotografía de la marmita en el L.O.U.	127
Figura 5.27 Imagen virtual de la marmita..	128
Figura 5.28 Fotografía de la unidad de filtración.	128
Figura 5.29 Virtualización del sistema de unidad de filtración.	128

## INTRODUCCIÓN

El laboratorio de operaciones unitarias es el recinto en donde la ciencia teórica se conjuga con la práctica mediante implementación de equipos que combinan tecnología para la formación integral de los estudiantes de ingeniería química, no obstante el laboratorio de operaciones unitarias no posee un esquema de información confiable y precisa que permita modificar, interpretar, analizar y entender su funcionamiento, e ingeniería básica de modo integral. El presente trabajo trata de la fusión de dos grandes mundos, la ingeniería básica y el diseño virtual permitiendo un balance que dota a la ingeniería del medio que permite el acceso a la información de manera rápida, precisa pero sobre todo funcional.

Las ventajas que se presentan mediante la implementación de la ingeniería básica tienen algunos puntos, que será interesante citar en el proyecto, tales como:

- Aprender a agrupar elementos de modelado con dimensiones específicas.
- Comprender el funcionamiento del Laboratorio de Operaciones Unitarias mediante la agrupación y proyección de diagramas de flujo en tres dimensiones, facilitando la explicación de los mismos.
- Confiabilidad, ligada a equipos y tecnología que garanticen un servicio largo y precisamente manipulable.
- Seguridad, la disposición física y virtual del laboratorio, así como diseño eléctrico, diseño hidráulico, diseño estructural, disposición de servicios, que deben proveer la máxima seguridad para el personal de operación y para el servicio al estudiante.
- Flexibilidad, que permite enfrentar las condiciones de emergencia, las que exigen una operación que aproveche al máximo la capacidad de los equipos así como los espacios de la infraestructura.

- Simplicidad, que brinde máxima protección, facilite los ensayos y requiera mínima instrucción. Haciendo máximo uso de equipos y construcciones simplificando el aprendizaje.
- Promoción del trabajo en equipo, ya que los ingenieros de cada especialización deben tener conocimientos básicos de otras áreas afines para resolver problemas complejos y de disciplinas interrelacionadas.
- En la disposición del Laboratorio de Operaciones Unitarias se debe también considerar el acceso para mantenimiento, ampliaciones, y todo esto sin sacrificar las restantes cualidades.

Algunos de estos puntos son convergentes. Para cada uno el límite depende de lo que se desea alcanzar.

# CAPÍTULO

# 1

**GENERALIDADES DEL  
LABORATORIO DE OPERACIONES  
UNITARIAS (L.O.U.)**



## 1. GENERALIDADES DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS (L.O.U.)

En el Laboratorio de Operaciones Unitarias se aplica la Ingeniería Básica, que es el manejo y dominio del conjunto de conocimientos y técnicas aplicadas profesionalmente, en la creación y desarrollo de tecnologías; para la resolución de problemas, con el fin de transformar el conocimiento en algo práctico.

### 1.1 LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS.

El Laboratorio de Operaciones Unitarias; ver Figura 1.1, constituye un complemento esencial para la formación del alumno en los aspectos prácticos de los contenidos teóricos correspondientes a las asignaturas de la carrera de Ingeniería Química; de esta forma dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias (L.O.U.), se llevan a cabo numerosas prácticas correspondientes a los contenidos teóricos incluidos en las asignaturas que corresponden a las licenciaturas de Ingeniería Química, Ingeniería Ambiental, Ingeniería en Alimentos e Ingeniería en Materiales, cuyos descriptores son las operaciones y procesos unitarios.



**Figura 1. 1** Equipos e instalaciones interiores actuales del laboratorio de operaciones unitarias.

## 1.2 PRINCIPIOS Y DEFINICIONES.

La ingeniería química es la aplicación de la ciencia, en particular, química, física, biología y matemática, al proceso de convertir materias primas o productos químicos en productos más útiles, aprovechables o de mayor valor. La definición que aparece actualmente en la Constitución del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) es:

*“Ingeniería Química es la profesión en la cual el conocimiento de la matemática, química y otras ciencias básicas, ganados por el estudio, la experiencia y la práctica, es aplicado con juicio para desarrollar maneras económicas de usar materiales y energía para el beneficio de la humanidad”<sup>1</sup>.*

El ingeniero químico tiene que desarrollar, diseñar y se encarga de la ingeniería del proceso completo, así como del equipo que se utiliza; selecciona las materias primas adecuadas; hace operar las plantas con eficiencia, seguridad y economía; y supervisa que los productos cumplan los requerimientos exigidos por los consumidores. La ingeniería química es un arte y una ciencia. El ingeniero utilizará la ciencia siempre que le permita resolver un problema. La capacidad profesional de un ingeniero depende de su habilidad para combinar todas las fuentes de información para alcanzar soluciones prácticas a los problemas que se le presentan. Un hecho muy conveniente para organizar la materia de estudio que abarca la ingeniería química se basa en dos hechos:

---

<sup>1</sup>[www.ingenieraquimica.org/ingenieria\\_quimica.com](http://www.ingenieraquimica.org/ingenieria_quimica.com)

- Aunque el número de procesos individuales sea grande, cada uno puede ser fragmentado en una serie de etapas, denominadas operaciones, que se repiten a lo largo de los diferentes procesos.
- Las operaciones individuales tienen técnicas comunes y se basan en los mismos principios científicos.

En la mayoría de los procesos es preciso mover los sólidos y los fluidos; transferir calor a otras formas de energía de una sustancia a otra, y realizar operaciones como el secado, reducción del tamaño, destilación y evaporación. El concepto de operación unitaria es el siguiente: *“Los pasos, estadios o unidades que son independientes de material que se procesa o bien son características del sistema en particular. Sean restringido a aquellos estudios donde los cambios son solamente físicos y afectan a la materia sin afectar sus propiedades químicas”*<sup>2</sup>. Las operaciones unitarias se utilizan ampliamente para realizar las etapas físicas fundamentales de la preparación de reactantes, separación y purificación de productos, recirculación de los reactantes no convertidos, y para controlar la transferencia de energía, hacia o desde el reactor químico.

Las operaciones unitarias que se efectúan en este proceso, como transporte de fluidos y sólidos, destilación y separaciones mecánicas diversas. Aunque las operaciones unitarias son una rama de la energía, se basan de igual manera en la ciencia y la experiencia, se deben combinar la teoría y la práctica para diseñar el equipo, construirlo y ensamblarlo, hacerlo operar y darle mantenimiento.

---

<sup>2</sup>Martha Orozco., Primera edición. **“Operaciones Unitarias”**. México. Limusa

Para el estudio de las operaciones unitarias, son fundamentales diversos principios científicos y técnicos. Algunos de ellos son leyes físicas y químicas elementales, tales como: la conservación de la masa y la energía, equilibrios físicos, cinética y ciertas propiedades de la materia.

### 1.2.1 OPERACIONES UNITARIAS.

Las operaciones unitarias son aplicables a muchos procesos tanto físicos como químicos. Por ejemplo, el proceso empleado para la manufactura de la sal común consiste en la siguiente secuencia de operaciones unitarias: transporte de sólidos y líquidos, transferencia de calor, evaporación, cristalización, secado y tamizado. En este proceso no intervienen reacciones químicas. Por otro lado, el cracking del petróleo con o sin ayuda de un catalizador, es una reacción química a gran escala.

- **OPERACIONES UNITARIAS.-** Filtración, destilación, centrifugación, trituración, secado, extracción, disolución, cristalización, agitación, dilución, decantación, evaporación y precipitación.
- **PROCESOS UNITARIOS.-** Oxidación, combustión, fermentación, saponificación, sulfhidración, caustificación, hidrogenación, electrolisis, halogenación, polimerización, reducción, sulfonación, nitración y alquilación<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup>David M. Himmelblau., Sexta Edición (2002). *“Principios Básico y Cálculos en ingeniería química”*. México. Pearson Educación.

### **1.2.2 MECANICA DE FLUIDOS.**

El comportamiento de los fluidos es importante para los procesos de ingeniería en general y constituye uno de los fundamentos para el estudio de las operaciones unitarias; este conocimiento es esencial, no solo para tratar los problemas del movimiento de los fluidos a través de tuberías, bombas y otro tipo de equipos, sino también para el estudio del flujo de calor y de muchas operaciones de separación.

La rama de la ingeniería que estudia el comportamiento de los fluidos, recibe el nombre de Mecánica de Fluidos. Esta a su vez tiene dos ramas importantes: la estática de fluidos; que trata de los fluidos en el estado de equilibrio sin esfuerzo constante, y de la Dinámica de fluidos; que trata de los fluidos cuando parte de ellos se mueven con relación a otras.

### **1.2.3 FLUIDIZACION.**

Las expresiones fluidización y lecho fluidizado se utilizan para describir la condición de las partículas completamente suspendidas, toda vez que la suspensión se comporta como un fluido denso. Por ejemplo: cuando un líquido o un gas pasan a muy baja velocidad a través de un lecho de partículas sólidas, las partículas no se mueven, pero si la velocidad del fluido aumenta de manera progresiva, las partículas comienzan a moverse y estas quedan suspendidas en el fluido.

### 1.2.4 TRANSFERENCIA DE CALOR.

Prácticamente en todas las operaciones que realiza el Ingeniero Químico interviene la producción o absorción de energía en forma de calor. Cuando dos objetos que están a temperaturas diferentes se ponen en contacto térmico, el calor fluye desde el objeto de temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, los mecanismos por los que fluye el calor son tres: conducción, convección y radiación. En los metales, la conducción térmica resulta del movimiento de los electrones libres; existe una estrecha relación entre la conductividad térmica y la conductividad eléctrica; sin embargo en los sólidos y en la mayor parte de los líquidos, la conducción térmica se debe a la transferencia de cantidad de movimiento entre los átomos adyacentes que vibran; en cambio en los gases la conducción térmica se produce por el movimiento al azar de las moléculas.

En la convección, se refiere al flujo de calor asociado con el movimiento de un fluido; mientras que radiación es el término que se emplea para designar a la transferencia de energía a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas, lógicamente esto es o no proporcional a si la radiación pasa por un lugar vacío u ocupado por un material de partículas individuales.

En los procesos industriales la energía en forma de calor se transfiere por medio de: calentadores de resistencia eléctrica, intercambiadores de calor, calderas y condensadores, reactores de lecho empacado o regenerador, por mencionar algunos<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup>David P. De Witt; Frank P. Incropera., 4 Edición (1999). “**Fundamentos De Transferencia de calor**”. México. Pearson

### **1.2.5 EVAPORACIÓN.**

La transferencia de calor a un líquido en ebullición se considera como una operación unitaria, el objetivo de esta es concentrar una solución consistente en un soluto no volátil y un solvente volátil. La evaporación se realiza vaporizando una parte del solvente, para producir una solución concentrada de licor espeso. Difiere del secado en que el residuo es un líquido a veces altamente viscoso en vez de un sólido. Difiere de la destilación en que el vapor es generalmente un solo componente y no se pretende separar el vapor en fracciones. Difiere de la cristalización, en que su interés reside en concentrar una solución y no en formar cristales.

En la evaporación el producto valioso es el líquido concentrado, mientras que el vapor se condensa y se desecha, sin embargo en la destilación es todo lo contrario el objetivo es obtener un producto exento de sólidos. Un ejemplo de esto pero a gran escala es la obtención de agua potable a partir de agua de mar, donde en este caso el agua condensada es el producto deseado, donde solo se recupera una fracción del agua total contenida en la alimentación, mientras que el resto se devuelve al mar.

### **1.2.6 DESTILACIÓN.**

En la práctica la destilación puede llevarse a cabo según dos métodos principales. El primero se basa en la producción de vapor mediante la ebullición de la mezcla líquida que se desea separar y la condensación de los vapores sin permitir que el líquido retorne a la columna del equipo de destilación y por tanto no

hay reflujo. El segundo se basa en el retorno de una parte del condensado a la columna, en condiciones tales que el líquido que retorna se pone en contacto con los vapores que ascienden hacia el condensador. Es posible realizar cualquiera de los dos métodos como un proceso continuo o discontinuo (por etapas).

### **1.2.7 AGITACION Y MEZCLA DE LÍQUIDOS.**

El éxito de muchas operaciones industriales depende de la efectiva agitación y mezcla de fluidos; estos dos términos no son sinónimos. La agitación se refiere al movimiento inducido de un material en una manera específica, en un patrón circulatorio dentro de algún tipo de contenedor. La mezcla se aplica a una variedad de operaciones, que difieren en el grado de homogeneidad del material mezclado. Por ejemplo: dos gases que se ponen juntos y que han de mezclarse totalmente y un segundo caso donde arena, grava, cemento y agua fluyen muy rápido en un tambor rotatorio durante un largo periodo; en ambos casos se dice que el producto final está mezclado, aunque es obvio que los productos no son igualmente homogéneos.

### **1.2.8 ABSORCIÓN DE GASES.**

Un soluto gaseoso se absorbe, de un gas inerte en un líquido en el que el soluto es más o menos soluble; o lo que es dicho con otras palabras, en la absorción de gases un vapor soluble se absorbe desde su mezcla con un gas inerte, por medio de un líquido en el que el gas (soluto) es más o menos soluble; un ejemplo típico es la absorción de amoníaco contenido en una mezcla con aire, mediante tratamiento con agua líquida, posteriormente el soluto se recupera del líquido por destilación y el líquido absorbente puede desecharse o bien reutilizarse.

Un equipo que se utiliza con frecuencia es la torre empacada que consiste en una columna cilíndrica, equipada con una entrada de gas y un espacio de distribución en la parte inferior; una entrada de líquido y un distribuidor en la parte superior; salidas para el gas y el líquido en la parte superior e inferior, respectivamente; y una masa soportada de cuerpos sólidos inertes que recibe el nombre de torre empacada.

### **1.2.9 SEPARACION DE LIQUIDOS.**

Existen varios procesos para la separación de mezclas líquidas utilizando membranas porosas o membranas asimétricas de polímero. Con membranas porosas, la separación depende de las diferencias en difusividad, para la extracción líquido-líquido utilizando membranas porosas, las fases del refinado inmisible y el extracto están separadas por la membrana y las diferencias en las

diferencias en la distribución del soluto en equilibrio, así como las diferencias en difusividad determinan la composición del extracto.

La extracción de un soluto a partir de agua hacia un líquido orgánico, o viceversa se realiza utilizando membranas para separar las fases y proporcionar un área de superficie grande para la transferencia de masa. Se utilizan membranas de fibra hueca o de lámina plana y después se fija el área de transferencia de masa en el diseño. Sin embargo la membrana introduce una resistencia adicional a la transferencia de masa, que debe ser minimizada utilizando una membrana asimétrica o una membrana porosa que tenga los poros completamente extendidos, para hacer el proceso atractivo se utilizan las membranas hidrofóbicas hechas de teflón o polipropileno.

#### **1.2.10 ÓSMOSIS INVERSA.**

Cuando se separan soluciones miscibles de concentración diferente por una membrana que es permeable al solvente pero impermeable al soluto, la difusión del solvente ocurre desde la solución menos concentrada hacia la más concentrada, donde la actividad del solvente es menor. La difusión del solvente recibe el nombre de Osmosis. Si se aplica una presión más alta que la presión osmótica, el solvente se difundirá desde la solución más concentrada a través de la membrana, dentro de la solución diluida. Este fenómeno recibe el nombre de Osmosis Inversa. Varios polímeros tienen una permeabilidad alta por el agua y permeabilidades bajas para sales disueltas, como por ejemplo el acetato de celulosa que es relativamente económico. Las membranas asimétricas de acetato de celulosa se preparan en la actualidad mediante diferentes técnicas de vaciado

como láminas planas, fibras huecas o un recubrimiento de una tubería porosa para hacer una membrana tubular.

### **1.2.11 LIXIVIACIÓN.**

En la lixiviación, un material soluble se disuelve a partir de una mezcla con un sólido inerte, por medio de un líquido solvente. La palabra lixiviación viene del latín: "Lixivi-ae" sustantivo femenino que significa lejía. Los romanos usaban este término para referirse a los jugos que destilan las uvas antes de pisarlas, o las aceitunas antes de molerlas. En la actualidad, se denomina lixiviación, al lavado de una sustancia pulverizada para extraer las partes solubles. Se denomina también a una de las formas de obtener oro, para ellos se usa la lixiviación con cianuro a la mena de oro para purificarlo. La lixiviación es un proceso en el cual se extrae uno o varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido. Ambas fases entran en contacto íntimo y el soluto o los solutos pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida, lo que produce una separación de los componentes originales del sólido.

Algunos ejemplos se citan a continuación:

- a) El azúcar se separa por lixiviación de la remolacha con agua caliente.
- b) Los aceites vegetales se recuperan a partir de semillas, como los de soya y de algodón mediante la lixiviación con disolventes orgánicos.
- c) La extracción de colorantes se realiza a partir de materias sólidas por lixiviación con alcohol o soda.

### **1.2.12 CRISTALIZACIÓN.**

Es la formación de partículas sólidas a partir de una base homogénea. Esta puede tener lugar a partir de un vapor, como la nieve, mediante la solidificación de un líquido fundido. La cristalización de soluciones es importante en la industria debido a la gran cantidad de materiales que se comercializan en forma cristalina. En la cristalización industrial de una solución, la mezcla bifásica formada por los líquidos madres y los cristales de todos los tamaños, contenida en un cristizador y que se saca como producto, recibe el nombre de magma. Cuando el líquido madre de baja pureza retenido se seca sobre el producto, existe contaminación cuya intensidad depende de la cantidad y grado de impureza del líquido madre retenido por los cristales. En la práctica la mayor parte del líquido madre es separado de los cristales por filtración o centrifugación, y el balance se elimina por lavado con solvente fresco. Una buena producción y una elevada pureza son dos objetivos importantes de la cristalización.

### **1.5 SERVICIOS AUXILIARES DEL L.O.U.**

El Laboratorio de operaciones unitarias cuenta con una toma a la red de agua de la institución, independiente a la del área de sanitarios a la cual se le denomina agua cruda o agua corriente que surte al LOU a partir de un tanque elevado y se encuentra al servicio del usuario a toda hora; teniendo también una salida de desagüe o de vertido al drenaje de la facultad, donde se vierten los derrames de agua, ya que es la única sustancia con la que trabajan los equipos.

El L.O.U. cuenta con un total de cuarenta y siete equipos de los cuales ocho tienen unidad de procesamiento de datos, siendo que todos cuentan con siete entradas y una salida de servicios auxiliares.

El L.O.U. cuenta con orificios cerca de cada equipo, distribuidos por toda la superficie del piso para la línea de desecho de cada uno de los equipos, contando así con una red de desagüe, eficaz y re-circulante, está a su vez pasa por debajo del piso del L.O.U., haciendo una red de salida de agua que desemboca a un pequeño depósito, con el fin de captar toda el agua de desecho, y comenzar así con el tratamiento.

### **1.5.1 AGUA TRATADA.**

La línea de tratamiento comienza en el tanque recolector que muestra la Figura 1.2 donde se capta el agua de desecho de todos los equipos y se succiona con una bomba centrífuga que se controla de forma manual, cabe mencionar que también se regulan los flujos de descarga de forma manual, abriendo mas válvulas para liberar la presión, dependiendo del número de equipos con los que se quiere trabajar con un flujo medio y constante, para enviarla por la tubería la cual le asignaremos la letra “R” para mayor ilustración y como lo muestra la Figura 1.9, ya que, ésta tubería únicamente está adaptada para este servicio auxiliar y por la cual se envía el agua al tanque de enfriamiento para su tratamiento, representado en la Figura 1.3 con el uso de la tubería “R”.



**Figura 1. 2** Tanque receptor de agua de desecho de la línea de salida de los equipos.



**Figura 1. 3** Tubería "R" alimenta el tanque de enfriamiento con agua de desecho de los equipos.

## 1.5.2 TANQUE DE ENFRIAMIENTO

El L.O.U. cuenta con un equipo de servicio de agua de enfriamiento modelo PS-EL-300 fabricado por Entropía Humana que, cuyo nombre lo indica brinda agua fría a los equipos en operación. El tanque de enfriamiento es alimentado por el tanque de captación de agua de desecho directo de los equipos por medio de una bomba centrífuga, que a su vez, por medio de un gas refrigerante inyectado en un serpentín que lo alimenta el “equipo de servicio de enfriamiento modular de agua” modelo SA-AE-012.A de la marca Entropía Humana, el cual baja la temperatura del líquido hasta 4 °C en un tiempo de dos horas, y por medio de una bomba centrífuga conectada a la salida del tanque de enfriamiento por la parte inferior succiona el fluido pasa por un regulador de presión y envía el agua por la tubería verde la cual se une a la red de agua tratada.

Cuenta con una toma de agua de enfriamiento a su servicio, pero no todos los equipos tienen a su disposición los manómetros correspondientes para medir la presión de flujo ya que no todos los equipos trabajan con esta agua, el tanque de enfriamiento tiene una capacidad aproximada para albergar 300 litros de agua, cada seis meses se hace una limpieza de tuberías debido a las incrustaciones de óxido que pudieran tener, ya que las incrustaciones de iones y cationes son despreciables porque se cuenta con un pre-tratamiento de desionización, la Figura 1.4, muestra el sistema de agua de enfriamiento servicio con el que cuenta el L.O.U. para uso de todos los equipos que lo requieran.



**Figura 1.4** Equipo de agua de enfriamiento mod.PS-EL-300 y equipo de servicio de enfriamiento modular de agua” modelo SA-AE-012.A

### 1.5.3 SERVICIO DE DESIONIZACIÓN DE AGUA.

El servicio de desionización de agua comienza con la toma de agua por medio de un tanque elevado, que surte la red de agua cruda, ésta a su vez se envía a un tanque de almacenamiento de 500 Litros, Marca Rotoplás para ser enviado a un tanque aireador, el agua es tratada mediante dos filtros, uno de resina aniónica y otro de resina catiónica y un tercer tanque de carbón activado que es parte del sistema de agua desionizada mod. M-99 de la Marca SAER/ACUAJET con lo que se vierte el fluido tratado en las vertientes de desecho para así cumplir con la recirculación previo enfriamiento, como lo muestra la Figura 1.5.



**Figura 1.5** Servicio de desionización y filtración el cual brinda agua desionizada a la demás facultades, en laboratorios que la requieran

### 1.3 HISTORIA DEL L.O.U. DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA.

En 1968 fueron inauguradas las instalaciones de Ciudad Universitaria y a partir de 1973 tras una sangrienta confrontación entre corrientes políticas e ideológicas antagónicas, se inició un importante crecimiento en materia de investigación científica, que se consolidaría a partir de la última década del siglo XX, después de que la universidad remontó con éxito su última crisis política.

Es 1972; el último año en que la escuela de Ingeniería Química funciona en el edificio Carolino. Al trasladarse en 1973 a Ciudad Universitaria, donde en principio dispone de una veintena de locales, entre salones de clases y laboratorios, comienza a escribirse sin duda la historia moderna de esta institución. En la Figura 1.6 podemos apreciar una breve imagen de las instalaciones del L.O.U. en sus inicios.



**Figura 1. 6** Fotografía de L.O.U. en sus inicios.

## **1.4 ENTREVISTAS CON DIRECTIVOS, MAESTROS Y PERSONAL ADMINISTRATIVO.**

En esta parte del trabajo se lleva a cabo una serie de entrevistas, tanto a personal docente como a personal administrativo, con el simple objetivo de reforzar la historia del L.O.U., así como también se realizan con el fin de recopilar datos no contenidos en ningún texto bibliográfico

### **1.4.1 ENTREVISTA CON INGENIERO OSCAR ARROYO PORRAS EXDIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA BUAP.**

Enero de 1971 la facultad de Ingeniería química traslada sus instalaciones a Ciudad Universitaria, construyendo así los primeros edificios, primero el 106-A, seguido el 106-D, posteriormente el edificio 106-E el cual alberga los laboratorios de las diversas asignaturas impartidas y para finalizar la época de los setentas con la construcción del Laboratorio de Operaciones Unitarias (antes Laboratorio Pesado) llamado así por los equipos tan excedidos en dimensiones y difíciles de operar, por las pésimas condiciones en que se encontraban.

Al comienzo el equipo se adquiere por medio de los estudiantes, promocionando donaciones de industrias que querían deshacerse de la chatarra que les estorbaba y que les producía problemas de disposición de los desechos químicos por normatividad, siendo que el equipo llegaba a la facultad en malas condiciones y con la finalidad de que el estudiante aprendiera la constitución de dichos equipos. Fue hasta el año de 2000 durante la gestión del rector Dr. Enrique Doger Guerrero cuando ya desocupadas las instalaciones del L.O.U. se

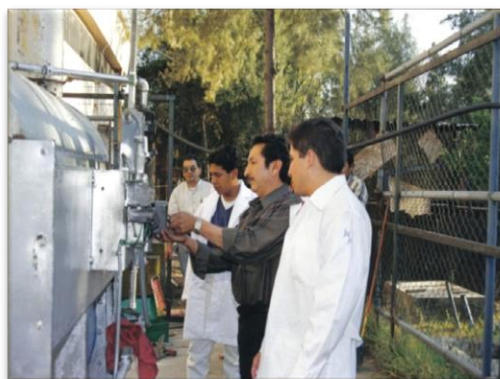
promoviera el subsidio de nuevo equipo, anteriormente se hacían prácticas de operaciones unitarias en visitas guiadas a la Universidad Nacional Autónoma de México y hoy ya se cuenta con el equipo para hacer las prácticas de todas las operaciones unitarias, como extracción solido-liquido, destilación, intercambio de calor, por decir algunas, siendo los primeros equipos en llegar el de dinámica de fluidos modelo 20006086 de la marca Pignat, la columna de absorción modelo GL-3029 de la marca Eseve, columna de destilación continua modelo UOP3CC-B de la marca Armfield, estrenando las primeras instalaciones eléctricas y red de tuberías.

El agua que se suministra para el L.O.U., es proveniente del pozo de la Universidad, pero no es suficiente ya que es necesario adquirir pipas de agua para poder satisfacer la demanda. La facultad cuenta con una cisterna de 20,000 Litros de capacidad, mediante una bomba centrífuga es abastecido el tanque elevado que proporciona el agua necesaria al L.O.U., estando así conectado el drenaje colector general de la universidad.

La línea de Voltaje que suministra el L.O.U., proviene de la subestación de la Universidad proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad, teniendo la posibilidad de brindar dos tipos de voltaje, de 220 Volts. y de 110 Volts. Para la operación y funcionamiento de los equipos.

En la antigüedad los catedráticos solicitaban permiso para el acceso por unos instantes para realizar la práctica correspondiente a su materia, de cualquier otro laboratorio menos del L.O.U., ya que este no contaba con instrumentación ni reactivos necesarios, porque la utilización de reactivos e instrumentación se hacía mediante un formato llenado previamente por parte del catedrático y se tenía que

esperar durante varias horas para que el encargado del almacén general proporcionara la cantidad de reactivo a cada alumno, al terminar la práctica, tras la devolución tanto del material de laboratorio, como del reactivo sobrante, el catedrático cerraba el L.O.U. y programaba la siguiente visita como si fuera una visita guiada a un museo, como se muestra a continuación en la Figura 1.7 el catedrático guía la visita al L.O.U.



**Figura 1. 7** Fotografía representativa en la elaboración de una práctica en los inicios del L.O.U.

En la actualidad durante la gestión del Dr. Enrique Agüera Ibáñez se puede enfatizar que se cuenta con equipos para elaborar todas y cada una de las operaciones unitarias que se requiera para la enseñanza de cada carrera, así como también ya se cuenta con reactivos para cada laboratorio independientemente, por lo tanto encargados de despacho de todos los laboratorios, que a su vez llevan una bitácora en donde se registran cada uno de las personas que ingresan al mismo; tal como lo muestra la Figura 1.8, Con esto es eliminado el almacén general ubicado en el edificio 106-D de esta facultad, dando paso para la instalación de un nuevo Laboratorio de ingeniería ambiental e incentivando así a la asistencia como la permanencia dentro del Laboratorio, por otra parte los encargados del L.O.U., como de los demás laboratorios rinden un

reporte semanal del estado en el que se encuentra el mismo, proporcionado información adecuada para el mantenimiento preventivo por parte de esta administración.



**Figura 1. 8** Bitácora de registro con fecha, hora de ingreso y salida del usuario.

El equipo de desionización de agua con el que se cuenta brinda servicio a todas las facultades, misma que ocupan para las prácticas en la mayoría de los equipos de sus propios laboratorios. Ahora es un laboratorio diseñado para el aprendizaje con un gasto mínimo de operación pero con la posibilidad de asistirlo con mantenimiento preventivo, y los equipos se adquieren previo proyecto de investigación con un programa federal de fortalecimiento institucional. Cabe mencionar que “no hay un Laboratorio de Operaciones Unitarias, tan completo y funcional en ninguna universidad del estado de Puebla”. La Figura 1.9 es representativa del L.O.U. en sus inicios.



**Figura 1. 9** Fotografía del L.O.U. en épocas anteriores.

#### **1.4.2 ENTREVISTA CON LA M.I.C. MARÍA GUADALUPE TITA ESPINOSA DE LOS MONTEROS, DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA BUAP.**

En sus inicios de la facultad de Ingeniería Química ya ubicada en Ciudad Universitaria, los estudiantes de las licenciaturas para poder adquirir el título de Ingeniero, tenían que realizar prácticas y desarrollo de un equipo que se donara a la facultad; el primer equipo en realizarse fue un calentador solar, el cual suministraba agua para la torre enfriamiento, por cuestiones de diseño, el calentador solar no alcanzaba una temperatura óptima para que la torre tuviera una eficiencia eficaz. Todo esto se construía con recursos de los alumnos, ya que la institución no podía otorgar ningún apoyo económico, por tanto se tenía que buscar en momentos determinados personas o especialistas que ayudaran con la soldadura del equipo y empaques, en ocasiones no se contaba con las

características ni el funcionamiento requeridos de un equipo profesional, esto se debía a su alto costo de operación.

En un principio el Laboratorio de Operaciones Unitarias tenía como servicios auxiliares: “*una caldera, el suministro de agua, y equipos de evaporación de triple efecto*”, que eran equipos muy caros cuya procedencia era de Inglaterra, que dejaron de funcionar porque no había personal capacitado para su correcta operación; se contaba con un filtro prensa pero las dimensiones eran excesivas ya que las placas medían cerca de un metro cuadrado y era demasiado el caudal que requerían para la práctica, en general eran todos equipos muy grandes. Con respecto al servicio de luz eléctrica el laboratorio de operaciones unitarias contaba con una subestación propia, pero desafortunadamente no se le daba mantenimiento y con respecto al agua de la caldera no se trataba y se le fueron incrustando sales, declinando así su eficiencia hasta llegar al mal funcionamiento y posterior abandono.

En un principio el L.O.U. solo prestaba servicio a alumnos y maestros con asignaturas específicas a las relacionadas con el mismo las cuales eran dos y después de una decadencia en el servicio, pero cabe resaltar la labor de algunos visionarios que llegaron para comenzar con la utilización del L.O.U. tales como el Ingeniero Agustín Gómez Alonso y Jorge Ríos Vergara quienes se encargaron del mismo, pero siempre sin promoción alguna ya que las prácticas se llevaban a cabo con muchas dificultades, como la Maestra Catalina Reyes Olivier quien utilizó varios equipos en la asignatura de transferencia de calor que impartía con mucha disposición pero con muy poco éxito, para después contar con el primer responsable del L.O.U. el Maestro Armando Palacios Conde. Uno de los principales problemas del L.O.U. es que compartía instalaciones con el I.C.U.A.P. el cual utilizaba el L.O.U. para proyectos de investigación pero los catedráticos

que impartían las materias tenían problemas en la preparación en la operación de los equipos ya que dejaban preparados los reactivos y la instrumentación para las próximas prácticas y estos eran manipulados, alterados y a veces hurtados sin ningún control.

Posteriormente en el proceso de acreditación de la carrera de Ingeniería Química en 1999 un grupo asignado para la auditoría de calidad, en su reporte de observaciones puntualiza una remodelación integral del Laboratorio y el cambio radical e inmediato de todo el equipo por razones de incumplimiento en los estándares de calidad en el diseño del mismo para lo que se cuenta con el apoyo del Dr. Torres Merino en el desmontaje del equipo por medio del proyecto del trabajo que realiza en una estancia sabática en la Facultad de Ingeniería Química, así como las modificaciones correspondientes en los servicios esto en el año 2000, en la rectoría a cargo del Dr. Enrique Doger Guerrero, donde se detona el impulso al desarrollo de la facultad. Después de terminada la primera etapa del proyecto, se tuvieron muchas dificultades para poder concluir con las siguientes etapas, dado que ya estaban instalados los servicios auxiliares, pero vacío; y hasta el año de 2004 con la rectoría a cargo del Dr. Enrique Agüera Ibáñez se formula un proyecto para el equipamiento de los laboratorios de ciencia básica, con el nombre de Proyecto "Harry Mazal"; se solicita la participación de los docentes de todas las áreas de ciencias básicas y de especialidad donde se plantean los requerimientos de equipamiento para los laboratorios, fue con esto que en Febrero del 2005 se reinaugura el L.O.U. pero con equipamiento de nueva tecnología, seguido de la solicitud para la contratación de un docente como responsable con experiencia en el campo cargo que atiende el Dr. Carlos Reyes Macedo comenzando con el desarrollo de las prácticas en el equipo nuevo, arrancando con la primera práctica en la torre de destilación; pero muchos alumnos de generaciones anteriores están por egresar y entonces se determina como objetivo que ellos tengan acceso a los equipos en una materia de Tronco

Terminal ya que habían pasado los trabajos experimentales en las asignaturas correspondientes, donde el costo de operación no se elimina solo se reduce como es el caso de la torre de destilación cuyo costo de operación asciende aproximadamente a diez mil pesos por cinco litros de reactivo. Esto se minimiza al contar con la gran satisfacción de ver realizado el objetivo de preservar un importante recinto de prácticas, en la Figura 1.10 se muestra el desarrollo de la primera torre empacada del L.O.U.



**Figura 1. 10** Fotografía del desarrollo de la primera torre empacada, elaborada por alumnos.

Como recuerdo queda la nostalgia de la elaboración del servicio social en la parte alta del Laboratorio o aula dedicada a la presentación de Exámenes Profesionales, con el Dr. Jorge Guzmán Arciniega, en tema “*Obtención de Metanol a partir de Aguarrás*” y contar con una vista panorámica en la que se podía observar desde lo alto todas las actividades realizadas dentro del L.O.U. Una de las peticiones principales en las nuevas solicitudes es la adquisición de nuevas bases de equipos ya que hasta ahora se utiliza de base para los equipos,

escritorios viejos de desecho y cubiertos con manteles, ya que no cuenta con el soporte idóneo para la operación del mismo.

### **1.4.3 ENTREVISTA CON EL M.A. ELÍAS JIMÉNEZ SALGADO, DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA BUAP.**

Es 1972 el último año en que la escuela de Ingeniería química funciona en el edificio Carolino. Al trasladarse en 1973 a Ciudad Universitaria, donde en principio dispone de una veintena de locales, entre salones de clases y laboratorios, comienza a escribirse sin duda la historia moderna de esta institución. Fue en ese entonces ya estando la facultad de Ingeniería Química instalada en su nuevo campus de ciudad universitaria, pero con instalaciones vacías con lo que respecta a mobiliario y equipo del L.O.U.; apodándole “El elefante Blanco” ya que solo era recinto de reuniones estudiantiles y de catedráticos, fue entonces como se recurre a las empresas prestadoras de servicios e insumos como PEMEX, CYBA-LABS, organización GA S.A. de C.V. y Grupo Industrial GISA, por mencionar algunas, para pedir apoyo en donación de algunos equipos para el L.O.U.; consiguiendo pocos e ineficientes, así como equipos en mal estado, de Alto costo de operación y mantenimiento, tanto en energía como en insumos, teniendo en sus inicios una columna de destilación, filtros prensa, evaporadores y bombas, por mencionar algunos.

Pero ante la preocupante situación en que llegaban los equipos y la falta de apoyo de parte de la institución para la adquisición del equipo necesario para las practicas, una comisión de alumnos, se dio a la tarea de juntar recursos económicos para la compra de un equipo llamado columna de evaporación de película ascendente, importado de Inglaterra, de una capacidad aproximada de 50

litros de alimentación, haciendo tanto la instalación hidráulica, eléctrica aislamiento, barrenado de tuberías y levantamiento de la estructura, los propios estudiantes con sus pocos conocimientos de ingeniería y fontanería.

Posteriormente en los noventas se gestiona la adquisición de mas equipos por apoyo institucional pero la institución se declara en crisis, no otorgando ningún apoyo; no obstante la facultad no se da por vencida y hace una nueva gestión en el año dos mil obteniendo para la facultad por medio del programa P.I.F.I. (*programa de fortalecimiento institucional*) y el programa P.R.O.M.E.P. (*programa de mejoramiento de profesorado*), un apoyo de dieciocho millones de pesos para la adquisición de nuevo equipo de tecnología de punta a micro-escala con terminales analógicas que permiten monitorear los resultados, y remodelación de la arquitectura del recinto, contribuyendo así al mejoramiento del laboratorio de operaciones unitarias de la facultad de ingeniería química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, como podemos apreciar en la Figura 1.11 se muestra la infraestructura del L.O.U.



**Figura 1. 11** Vista externa del laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

# CAPÍTULO

# 2

**HERRAMIENTAS DE DISEÑO  
Y VIRTUALIZACIÓN**

## 2. HERRAMIENTAS DE DISEÑO Y VIRTUALIZACIÓN.

Las herramientas de diseño son recursos que apoyan la creatividad del dibujo que serán importantes para la realización de un diseño virtual.

### 2.1 DEFINICIÓN DE VIRTUALIZACIÓN.

La palabra “virtual” y “virtualización” se han popularizado rápidamente bajo el flujo de la generalización de la informática y la telemática como bases tecnológicas de la sociedad del conocimiento. Se habla ahora de empresa virtual, democracia virtual, hospital virtual, universidad virtual y similar. La virtualización es un medio para crear una versión virtual de un dispositivo o recurso, como un servidor, un dispositivo de almacenamiento, una red o incluso un sistema operativo, donde se divide el recurso en uno o más entornos de ejecución.

Habitualmente se considera que lo virtual se opone a lo real. Se supone que lo virtual es algo imaginario inexistente en la realidad, que es el mundo de los objetos materiales y tangibles, es decir, compuestos por átomos como dice Negroponte (1995). Pero Pierre Levy (1998), filósofo francés estudioso de la virtualidad y la cibercultura no lo piensan así. Según él existen diferentes conceptos relacionados con objetos materiales e inmateriales, que abarcan desde lo real hasta lo virtual, pasando por lo posible y lo actual. Según Levy, lo virtual no se opone a lo real sino que puede tener una realidad propia. Lo virtual es más bien lo opuesto a lo actual<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup>Silvio José., (2000). *“La virtualización De La Universidad”*. Caracas Venezuela. Instituto Internacional Para La Educación Superior En América Latina y El Caribe

En términos generales, la virtualización es un proceso y resultado al mismo tiempo del tratamiento y de la comunicación mediante computadoras de datos, informaciones y conocimientos. Más específicamente, la virtualización consiste en representar electrónicamente en forma numérica y digital, objetos y procesos que encontramos en el mundo real. En el contexto de la educación superior, la virtualización puede comprender la representación de procesos y objetos asociados a la gestión, así como objetos cuya manipulación permite al usuario, realizar diversas operaciones a través de internet, tales como, aprender mediante la interacción de cursos electrónico, inscribirse en cursos, consultar documentos en una biblioteca electrónica, comunicarse con estudiantes y profesores y otros.

## 2.2 DISEÑO EN INGENIERÍA.

De todas las definiciones de diseño ofrecidas durante años creemos que la siguiente definición formal es la más útil para nuestros propósitos:

*“DISEÑO EN INGENIERÍA: es la generación y evolución sistemática e inteligente de especificaciones para artefactos cuya forma y función alcanzan los objetivos establecidos y satisfacen las restricciones especificadas”<sup>6</sup>.*

Los artefactos son objetos hechos por el hombre, como dispositivos que se diseñan o se crean. En general son objetos físicos como aviones, sillas de ruedas, escaleras y carburadores. Pero los artefactos también pueden ser productos de

---

<sup>6</sup>Jensen Cecil., Helsel Jay D., Short Dennis. Sexta edición (2002). *“Dibujo y Diseño En Ingeniería”*. Mexico. McGraw Hill Latinoamericana.

papel, como dibujos, planos, programas de computadora, artículos y libros, la forma del artefacto es su configuración su geometría.

Función es el conjunto de objetos que el artefacto supuestamente hace, las especificaciones de los artefactos son indescriptibles precisas de las propiedades del objeto que se va a diseñar. Por cuestiones de terminología, se ha referencia de especificaciones de diseño como al conjunto de valores que articulan lo que se pretende que un diseño haga. Así las especificaciones de diseño también constituyen una base para evaluar diseños propuestos ya que llega hacer los objetivos del proceso de diseño contra los cuales se pueden medir el grado de éxito con que se alcanzan.

La definición establece que las especificaciones de diseño son resultados de la generación sistemática e inteligente. Esto no quiere decir que el diseño no sea un proceso creativo, ya que si lo es. No obstante, también es cierto que existen técnicas y herramientas que apoyan la creatividad, que ayudan a pensar con más claridad y tomas mejores decisiones a lo largo del camino y puesto que también se presentan algunas herramientas y técnicas para administra un proyecto de diseño. Así pues, con la presentación de las herramientas de diseño se demostraran formas de pensar acerca del diseño a medida que este va tomando forma en nuestras cabezas. Al presentar las herramientas de diseño se demostraran formas de organizar los recursos requeridos para completar un proyecto de diseño sin exceder los presupuestos de tiempo y dinero.

Un objeto es algo hacia lo cual se dirige un esfuerzo, un propósito, meta o finalidad de acción, así mismo, una restricción es una condición, medio o fuerza que permite una prohibición, un toque o una limitación.

Habiendo explicado el significado de los términos técnicos, ahora se puede volver a escribir la definición de diseño en ingeniería en términos más coloquiales. Por lo tanto, diseño en ingeniería es:

*“El desarrollo organizado y pensado, y la puesta a prueba, de las características de objetos nuevos, que tienen una configuración particular o que realizan alguna o algunas funciones que satisfacen nuestros objetivos sin violar las limitaciones especificadas”<sup>7</sup>.*

### **2.3 PROGRAMAS DE DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA.**

El diseño asistido por computadora, abreviado DAO pero más conocido por las siglas en inglés CAD (*Computer Aided Design*) se trata básicamente de una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Permite diseñar en dos o tres dimensiones mediante geometría alámbrica, esto es puntos, líneas, arcos, splines; superficies y sólidos para obtener un modelo numérico de un objeto o conjunto de ellos.

La base de datos asocia a cada entidad una serie de propiedades como color, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, etc., que permite manejar la información de forma lógica. Además pueden asociarse a las entidades

---

<sup>7</sup>Jensen Cecil., Helsel Jay D., Short Dennis. Sexta edición (2002). *“Dibujo y Diseño En Ingeniería”*. Mexico. Mc Graw Hill Latinoamericana.

o conjuntos de estas. Otro tipo de propiedades como el coste, material, etc., que permiten alcanzar el CAD a los sistemas de gestión y producción.

### **2.3.1 AUTOCAD.**

Es el programa de diseño asistido más conocido en el mundo. Funciona en máquinas relativamente pequeñas y, aunque su costo no están al alcance de muchos, si son muchos los que apuestan por autocad como el estándar en diseño asistido por computadora. CAD, CAM, CAE, CIM, oímos frecuentemente alusiones a estos términos y los asociados rápidamente a diseños y fabricación por medio de computadoras.

El termino más popular de todos es probablemente CAD. El CAD (*Computer Aided Desing*) es el diseño asociado por computadora. Es la unión de objetos que permiten crear objetos y a la vez, subministran los datos necesarios para la construcción de los mismos.

El CAM (*Computer Aided Manufacturing*) es la fabricación asistida por computadora. El CAM se basa en los datos suministrados en el diseño de los objetos. Comienza con el desarrollo de programas para el control numérico y planificación del proceso de producción, seguido de los diseño de modelos. Estos serán elaboradoras por las maquinas a partir de las cuales se desarrollaron los programas.

El CAD y el CAM están íntimamente relacionados, pero con el tiempo se ha ido diferenciado. Esta separación se explica por la necesidad de introducir

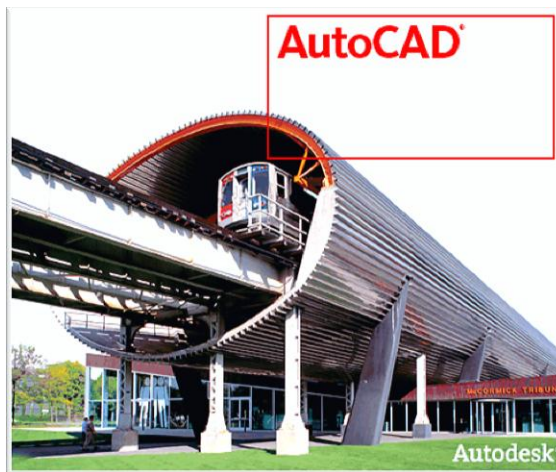
modelos que usan modelos de sólidos en lugar de la restrictivas cuadrícula ortogonal. El CAE (*Computer Aided Engineering*) es la ingeniería asociado por computadora. Comprende el análisis y la simulación. Utilizar procedimientos matemáticos de análisis que permiten predecir tanto el comportamiento de los mecanismos, los componentes antes de la fabricación, como la realización de pruebas. Es un banco de pruebas teórico. Un ejemplo puede ser el control de calidad. Se pueden distinguir cuatro tipos:

1. Plegado de chapa: grosores, ángulos de plegado, radios de plegado, etc.
2. Mecanismos: calculo sistemático y dinámico simulación de movimiento, etc.
3. Elementos finitos: calculo estático y dinámico (lineal y no lineal) vibraciones, transferencia de calo, etc.
4. Plásticos: evolución del relleno del molde, evolución de la presión y temperatura, cálculo de tiempo de llenado, etc.

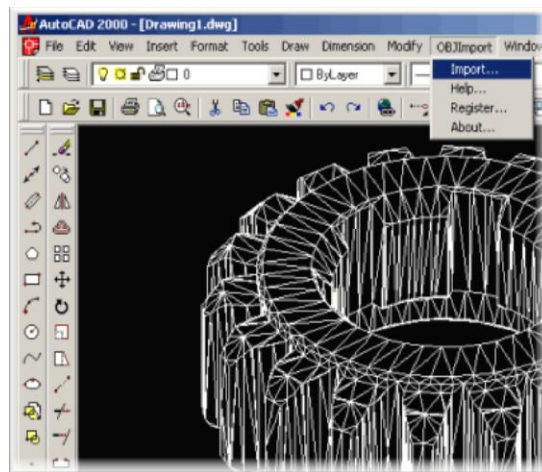
El CIM (*Computer Integrate Manufacturing*) es la fabricación integrada por computadora. Comprende el CAD, CAM, CAE, pasando por el CAF (*Computer Aided Facilities*) que se encarga de la gestión de la documentación y la producción automatizada.<sup>8</sup> Las Figuras 2.1 y 2.2 muestras la presentación e interfaz de diseño de autocad respectivamente.

---

<sup>8</sup>Marta Glez. Villarejo. Primera Edición (2010). "**Autocad 2010**".Andalucía España. Innova y Cualificación.



**Figura 2. 1** Esta es la imagen que presenta AUTOCAD.



**Figura 2. 2** Imagen de trabajo de AUTOCAD 2000.

### 2.3.2 ARCHICAD.

El software para la arquitectura ha evolucionado rápidamente desde diseños estáticos en dos dimensiones a un simulador de edificios en tres dimensiones. Como resultado de esta evolución, la capacidad del arquitecto de construir un “edificio virtual” en el ordenador y simular su comportamiento, por un lado antes de que esté construido y por otro lado durante todo su ciclo de vida, ha cambiado el proceso de diseño del arquitecto, el costo de las estructuras, la relación con el cliente, con el contratista y con la propiedad. Además de transformar el propio ejercicio del arquitecto, el hecho de tener un modelo en 3D, tendrá gran ventaja durante todos los trabajos en el futuro, asociados con el mismo edificio. La figura 2.3 muestra la interfaz de diseño de Archicad.

El CAD tradicional es el mundo de líneas, arcos, círculos y bloques. Con el CAD tradicional, su dibujo es una representación de cómo se construirá el edificio. Eso es muy semejante al diseño hecho a mano, pero está automatizado con la tecnología del ordenador. Con la Tecnología del Edificio Virtual, puede construir un edificio usando elementos de construcción: forjados, muros, cubiertas, ventanas, puertas, escaleras y otros objetos. Un Edificio Virtual utiliza objetos inteligentes para crear elementos de construcción. Con el CAD orientado al objeto todos los objetos del sistema representan un elemento de construcción con comportamiento e inteligencia acordes con el elemento. Por ejemplo, el comportamiento de una puerta es diferente a la madera que sirve para construirla. Ya que tiene un modelo verdadero del edificio, no sólo una representación en 2D, puede hacerle preguntas específicas de la construcción. Por ejemplo, usted puede conseguir informes de análisis de desprendimiento de energía, análisis de pérdida de calor, conformidad o ahorros de costos.

A través del Modelo Virtual, el edificio puede ser analizado según el volumen, aspecto visual del edificio. ArchiCAD automáticamente puede generar planos, secciones, alzados, vistas de perspectiva, animaciones y realidad virtual. Los arquitectos y los especialistas de la construcción que usan software de CAD 3D integrado, generan una variedad de informaciones valiosas del edificio, que pueden usar tanto en los ejercicios tradicionales del arquitecto como en diferentes campos y servicios. A continuación se enumeran ocho de las oportunidades para las que se utiliza esta información:

1. Planteamiento, diseño y desarrollo del proyecto de ejecución.
2. Creación de animaciones y escenas de realidad virtual.
3. Dibujos de producción, detalles y listados.
4. Marketing del edificio.
5. Gestión de espacios y usos.
6. Estudios de post-ocupación y simulación de cambios de diseño.
7. Análisis y visualización del comportamiento de los productos durante el ciclo de vida del edificio.
8. Desarrollo de contenidos para objetos de componentes de construcción electrónicos incluyendo datos del producto y vínculos a la Página Web del fabricante.

Con ArchiCAD y su Tecnología del Edificio Virtual, los arquitectos, en asociación con los propietarios, están en una posición privilegiada que confirma la importancia de su papel, no sólo en los inicios del diseño de edificios, sino también en su planteamiento, mantenimiento y operación a largo plazo.

Con la nueva era de la Tecnología del Edificio Virtual, las empresas de arquitectura y construcción tienen que considerar cómo aplicarla eficazmente en el diseño, la producción, la colaboración y análisis de informaciones. ArchiCAD ofrece una solución completa y, a diferencia de otros sistemas de CAD, ha sido construido según las bases de la arquitectura.

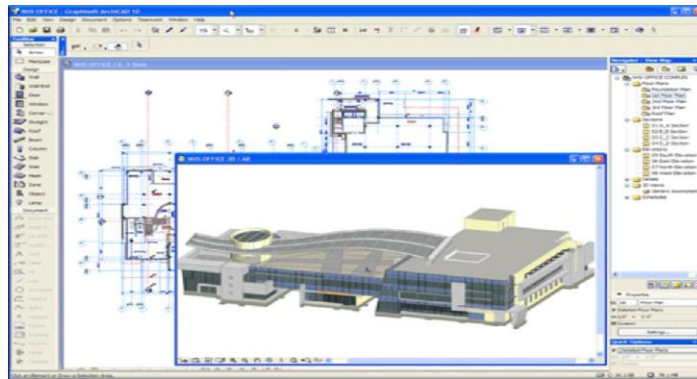
Pensando en ello, hay una gran variedad de empresas de arquitectura que usan ArchiCAD y su sistema de Tecnología del Edificio Virtual. Las empresas varían desde firmas de un único empleado hasta grandes empresas especializadas en diferentes tipos de proyectos incluyendo viviendas, centros comerciales, colegios... etc. A continuación le mostramos lo que varios arquitectos han dicho sobre ArchiCAD y sobre la utilidad de la Tecnología del Edificio Virtual.

House+House Architects (San Francisco, California)

“Una parte importante del valor de ArchiCAD se basa en construir el modelo y vistas de perspectivas fácilmente, no tienes que poner mucho esfuerzo en ello,” dijo Steven House. “Pero vale la pena hacer pasos extras para crear vistas con diferente contenido. El resultado puede ser impresionante, como lo muestra la Figura 2.3 con la que tenemos la perspectiva del diseño.”<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup>Bob Martens., Herbert Peter. Primera Edición (2004). “**ArchiCAD**”. New York. Springerwien.



**Figura 2. 3** Imagen de diseño en ARCHICAD.

### **2.3.3 REVIT ARCHICAD.**

*Autodesk Revit Architecture* ofrece una interfaz de usuario totalmente renovada, para que su uso sea más fácil e intuitivo. Las barras de herramientas, menús y diseño de 2009 se han sustituido por un solo punto de acceso a todas las herramientas: la Cinta de opciones. Esta cinta contiene fichas basadas en tareas y grupos relacionados con procedimientos habituales que contribuyen a agilizar el proceso de aprendizaje de su utilización. Al seleccionar un elemento en el área de dibujo, la Cinta de opciones muestra una ficha contextual con herramientas aplicables a ese elemento.

*Autodesk Revit Architecture* ofrece las siguientes herramientas de aprendizaje para facilitar la transición:

1. Introducción a la interfaz de usuario: para todos los usuarios de Revit; es una interfaz interactiva que describe partes de la interfaz de usuario al mover el cursor sobre ellas. Para acceder a la Introducción a la interfaz de usuario, haga clic en el vínculo que aparece arriba o en el menú desplegable (Ayuda).
2. Introducción a la interfaz de usuario. La edición en inglés de Introducción a la interfaz de usuario contiene un vínculo a una versión en PDF imprimible.
3. Visita de la interfaz de usuario: para todos los usuarios de Revit; proporciona un recorrido animado de la nueva interfaz de Revit.

En Revit 2008 y en versiones anteriores, el software ofrecía materiales por defecto, mucho de los cuales se utilizaban en las definiciones de AccuRender para aspectos modelizados. Al modelizar vistas 3D de un modelo de construcción, las definiciones de AccuRender se utilizaban para proporcionar una representación realista de los elementos del modelo. En Revit Architecture 2009, nuevos aspectos modelizados proporcionan unos resultados más precisos en las imágenes modelizadas. Una interfaz de usuario dinámica presenta diferentes propiedades para cada tipo de aspecto modelizado, lo que permite un mayor control sobre las texturas y los efectos visuales. Al trabajar con materiales, se puede introducir texto de búsqueda para localizar rápidamente el material o aspecto modelizado que se desee, a partir de su nombre, descripción, palabras clave u otra información, la Figura 2.4 muestra la interfaz de diseño.

Las definiciones de material se almacenan como parte del archivo del proyecto. Los aspectos modelizados se guardan en una biblioteca local de sólo lectura. En caso de que modifique el valor de configuración para el aspecto modelizado, muchos cambios se guardan como parte del proyecto. Si especifica archivos de imagen para aspectos modelizados (por ejemplo, para texturas o

colores personalizados), puede guardar dichos archivos en un directorio y oriente a Revit Architecture a dicho directorio.<sup>10</sup>



**Figura 2. 4** Imagen representativa de REVIT ARCHICAD muestra las principales modificaciones.

### 2.3.5 ALLPLAN FT.

En *Allplan FT* hay disponibles varias configuraciones estándar desde las cuales se puede acceder en cualquier momento a las funciones más importantes de distintos módulos. Las configuraciones estándar se seleccionan en el menú Ver en Configuración estándar. Según la configuración seleccionada se activará la barra de herramientas correspondiente (en este caso la barra de herramientas Arquitectura e Ingeniería) que contiene las funciones más importantes y

---

<sup>10</sup>James Vandezande., Phil read., eddy krygiel. PrimeraEdición (2011). **“Mastering Autodesk Revit Architecture 2012”**. New York. Sibex.

necesarias en la práctica diaria. Así puede dibujar sin tener que cambiar de módulo.

Allplan FT está organizado en módulos. Esto quiere decir que hay disponible un módulo propio para cada tarea, en el que se encuentran las funciones correspondientes. De todas formas las funciones más importantes se encuentran siempre disponibles en la barra de herramientas Funciones básicas o en las Barras de configuración, para que no sea necesario cambiar de módulo para activar las funciones que se utilizan con más frecuencia. Los módulos están organizados en grupos como por ejemplo Módulos genéricos, Módulos adicionales, etc.

Para cada proyecto de construcción se emplea un proyecto como unidad organizativa. Técnicamente un proyecto es un directorio, una carpeta, donde se encuentran las capas. Para cada usuario hay disponible para practicar y probar un “proyecto privado o de defecto” que no tiene ningún nombre.

Un instrumento organizativo muy importante dentro del proyecto es el Conjunto. Los conjuntos contienen capas (128 como máximo) que pueden agruparse cómo y cuándo se desee. Cada proyecto puede tener como máximo 1000 conjuntos. Un conjunto puede situarse en un plano para imprimirse.

Se dibuja en las Capas, de forma análoga como se dibujan planos en papel transparente. Las capas posibilitan la estructuración diferenciada de un proyecto. Técnicamente una capa es un archivo. Puede haber a la vez como máximo 40 capas visibles y editables en la pantalla, lo que significará que habrá varios

archivos abiertos a la vez. En cada proyecto hay 3000 capas disponibles. Cuando se trabaje sin Layers se dibujarán los distintos elementos, como muros, escaleras, rotulación, etc. en capas separadas y se situarán una sobre otra de igual forma que si fuesen planos transparentes.

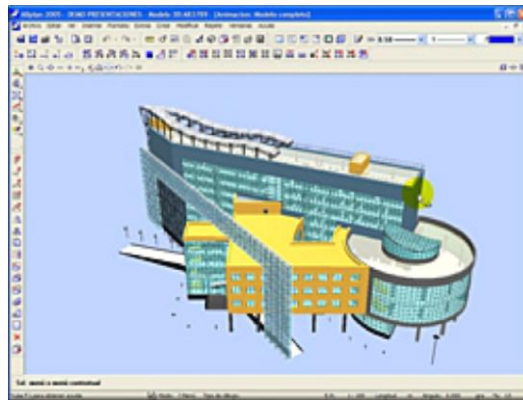
Las Layers posibilitan una estructuración adicional y opcional dentro de las capas. Son válidas para todas las capas del proyecto. Cuando esta opción esté activada los elementos de dibujo 2D y los elementos constructivos se incluirán automáticamente en la layer correspondiente. Las layer pueden hacerse invisibles siempre que se necesite. El Plano es lo que se va a imprimir o trazar en el papel. A diferencia de cuando se dibuja en el tablero de dibujo no tiene que definirse la composición del plano ni sus límites desde el principio. Hasta que no se ha terminado el proyecto no es necesario componer los conjuntos y/o capas para definir los planos. En un proyecto puede haber hasta 1000 planos.<sup>11</sup> Las Figuras 2.5, 2.6, y 2.7 muestran proyectos realizados en ALL PLAN FT.



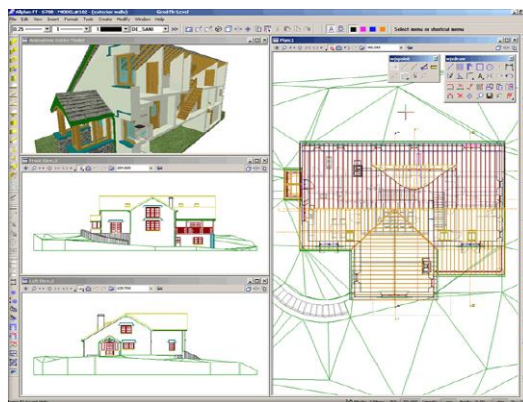
**Figura 2. 5** Proyecto realizado en ALLPLAN FT

---

<sup>11</sup>Christine Degenhart. Primera Edición (2004). *“Allpantft”*. Alemania. Addison-wesly.



**Figura 2. 6** Imagen de la hoja de diseño ilustra las principales herramientas de ALLPLAN FT

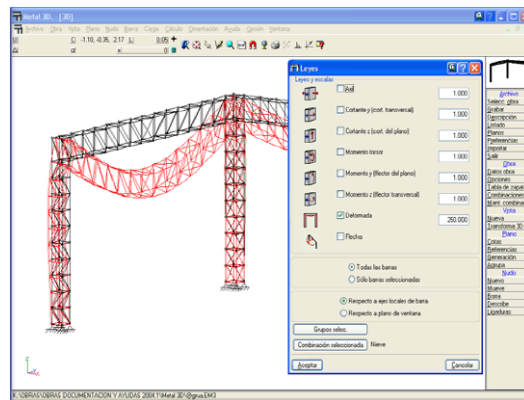


**Figura 2. 7** Virtualización de una casa en ALLPLANT FT

### 2.3.6 CYPECAD.

Es el software para el proyecto de edificios de hormigón armado y metálico que permite el análisis espacial, el dimensionado de todos los elementos estructurales, la edición de las armaduras y secciones y la obtención de los planos de construcción de la estructura.

Realiza el cálculo de estructuras tridimensionales formadas por soportes y forjados, incluida la cimentación, y el dimensionado automático de los elementos de hormigón armado y metálico. Con CYPECAD, el proyectista tiene en su mano una herramienta precisa y eficaz para resolver todos los aspectos relativos al cálculo de su estructura de hormigón de cualquier tipo. Está adaptado a las últimas normativas españolas y de numerosos países.<sup>12</sup> En la Figura 2.8 se ilustran las herramientas necesarias para diseñar en CYPECAD.



**Figura 2. 8** Imagen que ilustra las principales herramientas junto con el área de diseño del CYPECAD

<sup>12</sup>Luis Felipe Rodríguez Martín. Primera Edición (2001). **“CYPECAD 2000”**. MEXICO. CYPE INGENIEROS.

### 2.3.7 SKETCHUP.

*SketchUp* es un software de modelado 3D potente e intuitivo, que permite a los diseñadores explorar, comunicar y presentar complejos conceptos de diseño. El sencillo y potente conjunto de herramientas y el sistema de dibujo inteligente facilitan la creación y manipulación de modelos, mientras que las funciones de importación/exportación te ofrecen la flexibilidad y funcionalidad necesarias para el proceso de trabajo profesional.

Entre los seguidores de *SketchUp* se encuentran los gigantes del sector y los que lo serán en un futuro. Somos "la Suiza" del software de diseño, neutrales en cuanto a formatos de archivo y trabajamos sin parar para llevarnos bien con todos los profesionales. Además, en la misma línea, hemos diseñado *SketchUp* para que sea compatible con la mayoría de aplicaciones de creación de modelos y edición de imágenes e ilustraciones que utilizan los diseñadores. Desde arquitectos hasta productores de cine y diseñadores de escenarios, desde diseñadores de juegos hasta artistas gráficos, nuestros usuarios confían en *SketchUp* para ayudarles a que sus ideas de diseño cobren vida.

Las ventajas que tiene *SketchUp* por encima de las demás plataformas de diseño, son las siguientes:

1. Exportar modelos 3D a CAD y otros formatos 3D.
2. Exportar imágenes vectoriales 2D.

3. Crear documentos y presentaciones de diseño de varias páginas impactantes.
4. Organizar y crear notas de varias imágenes a escala en una única página.
5. Crear elementos y símbolos personalizados para las presentaciones utilizando un conjunto de herramientas de gráficos vectoriales 2D.
6. Crear, documentar y presentar los diseños con un único software.
7. Obtener asistencia técnica de profesionales por correo electrónico.

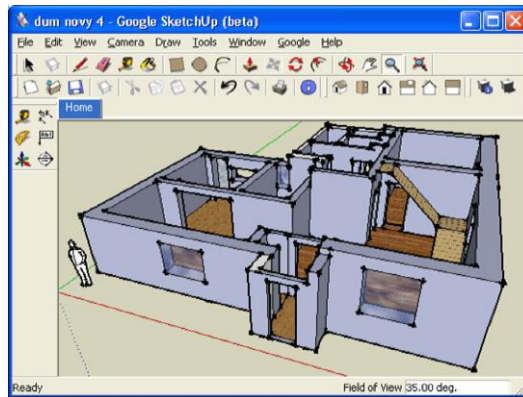
*SketchUp* fue lanzado por primera vez en agosto de 2000 como un propósito general, Herramienta de creación de contenidos 3D, con el lema "3D para todos" y la concepción de un programa de software "que permita a los profesionales del diseño para dibujar la forma en que desea mediante la emulación de la sensación y la libertad de trabajar con lápiz y papel en un elegante y sencilla interfaz, que sería divertido de usar y fácil de aprender, y que sería utilizado por los diseñadores para jugar con sus diseños de una manera que no es posible con el software de diseño tradicional. También tiene fácil botones para que sea más fácil de usar.

El 9 de enero de 2007, SketchUp 6 fue lanzado, con nuevas herramientas, así como una versión beta de Google, SketchUp y LayOut incluye herramientas vectoriales 2D, así como herramientas de diseño de la página destinada a facilitar a los profesionales para crear presentaciones sin saltar a una fiesta de presentación del programa de sesiones.

El 9 de febrero de 2007, una actualización de mantenimiento fue puesto en libertad. Se corrige una serie de errores, pero no trajo novedades. El 17 de noviembre de 2008, *SketchUp 7* fue puesto en libertad, con de uso mejora la facilidad, la integración de los componentes de *SketchUp* navegador con Google 3D Warehouse, *LayOut 2*, componentes dinámicos que responden apropiadamente a la ampliación y mejora el rendimiento de la API de Ruby. Soporte para Windows 2000 también fue eliminado.

El 1 de septiembre de 2010, *SketchUp 8* fue puesto en libertad. Las mejoras incluyen un modelo de geo-localización compatible con la aplicación Google Maps, las imágenes en color y precisa un terreno más, coinciden con las mejoras de fotos, construcción del fabricante de integración, y las miniaturas de escena. Soporte para Mac OS X Tiger fue desechado en esta versión.

El 27 de abril de 2006, Google anunció Google SketchUp, una versión descargable libremente de *SketchUp*. La versión gratuita no es tan capaz como *SketchUp Pro*, pero incluye herramientas integradas para subir y configurar contenido con Google Earth y el Google 3D Warehouse, un repositorio de modelos creados en *SketchUp*. También han añadido una nueva caja de herramientas donde se puede caminar, ver los modelos creados, desde la perspectiva de la persona, las etiquetas de los modelos, una mirada alrededor de la herramienta, y un "cualquier polígono". En la Figura 2.9 se muestra un diseño elaborado en sketchup en su versión BETA.



**Figura 2. 9** Imagen representativa del área de trabajo de SKETCHUP (BETA).

Con la información recabada procedemos a la utilización del software Sketchup como herramienta de virtualización para la realización del diseño de equipo del Laboratorio de Operaciones Unitarias gracias a la funcionalidad que nos brinda dicho programa y la interacción con otro software de diseño asistido por computadora así como la facilidad que nos brinda su interfaz de diseño.

En lo subsecuente nos damos cuenta que diseñar, utilizando el programa de *Sketchup* podremos ahorrar costos ya que; primeramente es un software de descarga gratuita, sin mencionar que, tiene la herramienta para exportar casi cualquier modelo realizado, a cualquier programa y viceversa, anexando la posibilidad de geo referenciarlo, o agregarle coordenadas para visualizar el modelo realizado, en una proyección vía satélite.

# CAPÍTULO

# 3

**PLAN DE TRABAJO**



### **3. PLAN DE TRABAJO**

#### **3.1 VIRTUALIZACION DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS**

Para poder llevar a cabo la virtualización de Laboratorio de Operaciones Unitarias, puesto que es un trabajo de gran complejidad, así como también tiene un gran manejo de datos se procede a organizar el trabajo en un orden lógico, que permita abarcar cada una de las etapas del mismo a la vez, para posteriormente conjuntar dichos elementos y obtener un todo. Este se divide en dos grandes grupos que se definen como:

1. Infraestructura y servicios auxiliares
2. Equipos.

La Figura 3.1 muestra el organigrama estratégico general, donde se conjugan; la infraestructura, y los servicios auxiliares junto con los equipos.



**Figura 3. 1** Organigrama estratégico general del plan de trabajo para la virtualización del LOU.

### 3.1.1 VIRTUALIZACION DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS AUXILIARES

“Se denomina infraestructura (etimología: Infra = debajo) a aquella realización humana diseñada y dirigida por profesionales de Arquitectura, Ingeniería Civil, Urbanistas, etc., que sirven de soporte para el desarrollo de otras actividades y su funcionamiento, necesario en la organización estructural de las ciudades y empresas”<sup>13</sup>.

---

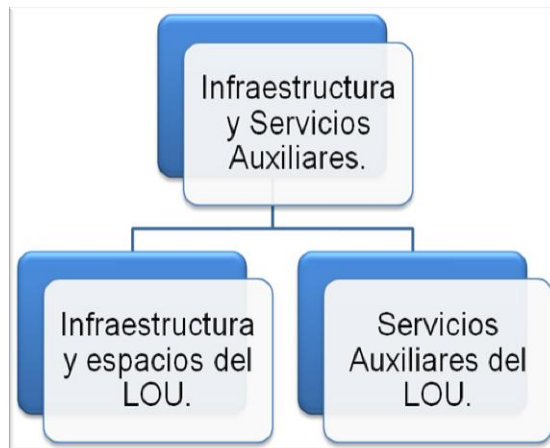
<sup>13</sup> *Infrastructure*, Diccionario Compacto Oxford English.

Partiendo de esta definición se organiza o cataloga en esta sección de la virtualización, al edificio que resguarda el laboratorio de operaciones unitarias (LOU) Considerando también que el edificio a su vez resguarda dos aulas tres cubículos correspondientes a catedráticos de la institución dos laboratorios uno propio de ingeniería ambiental y el otro a su vez de ingeniería en materiales. Una sala de usos múltiples o de conferencias; donde, por lo regular se llevan a cabo las presentaciones de tesis.

Los sistemas de servicios auxiliares en una planta son esenciales para lograr operación confiable. Los servicios auxiliares comprenden las siguientes funciones: agua de enfriamiento, aguas de drenajes, aire comprimido, servicios de agua potable, sistemas de lubricación tratamiento de aguas residuales, aire acondicionado y sistemas de aireación, servicios eléctricos y mecánicos.

Los sistemas de servicios auxiliares se consideran cuidadosamente en la etapa de diseño de la planta porque desde su recepción misma, se está determinando la confiabilidad y flexibilidad de la operación. Los principales servicios con los que cuenta el laboratorio de operaciones unitarias son red de comunicaciones, tratamiento de agua, toma de agua, toma de aire, combustible, red eléctrica.

Conociendo, organizado y clasificando cada una de las partes del laboratorio de operaciones unitarias se planea la forma de trabajo para una buena y excelente virtualización, en paralelo se realiza la información estructural del laboratorio de operaciones unitarias, por lo cual se subdivide en dos grandes ámbitos para facilitar la virtualización de la infraestructura y servicios auxiliares del laboratorio de operaciones unitarias como se muestra en la Figura 3.2.



**Figura 3. 2** Subdivisión de la infraestructura y los servicios auxiliares para su virtualización

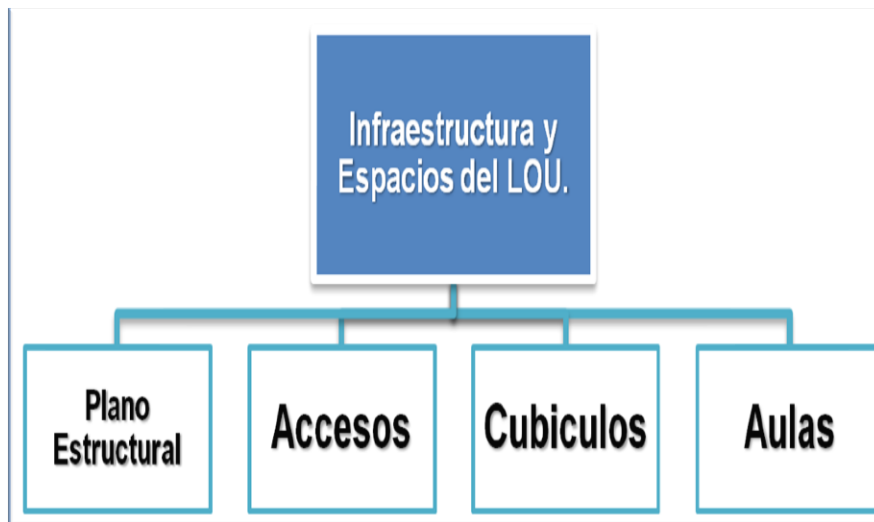
Esta parte del trabajo comprende la obtención de la información recabada a través de los medios de lectura, medición, entrevistas, fotografías y demás. Para posteriormente subdividirse en Infraestructura y espacios del Laboratorio De Operaciones Unitarias.

**Plano estructural.-** Los planos y las especificaciones técnicas forman parte de los documentos contractuales. Los planos deben contener un adecuado conjunto de notas, detalles y toda aquella información necesaria para armar la estructura; además deben presentarse en tal forma que puedan interpretarse rápidamente y correctamente. La figura 3.3 muestra el plan de trabajo para la virtualización de la infraestructura.

El diseño estructural abarca las diversas actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura, o sea de aquella parte de una construcción que tiene como función absorber las solicitaciones que se presentan durante las distintas etapas de una

existencia se encuentra inserto en el proceso más general del proyecto de una obra civil en lo cual se definen las características que deben tener la construcción para cumplir de manera adecuada las funciones que está destinada para desempeñar. Un requisito esencial para que la construcción sus funciones es que no sufra fallas o mal comportamiento debido a su incapacidad para soportar las cargas que sobre ella se imponen<sup>14</sup>.

Nos enfocamos básicamente a la virtualización, recreando todos los espacios con los que cuenta el Laboratorio de Operaciones Unitarias, tanto en su *plano estructural* como los espacios designados para *aulas*, *cubículos*, sus accesos ya sean *entradas*, o su vez, salidas de emergencia como se subdivide en la Figura 3.3, *la infraestructura y los Espacios*



**Figura 3. 3** Subdivisión de los espaciosdel L.O.U.

<sup>14</sup>MeliPiralla. Segunda Edición (2008). **“DISEÑO ESTRUCTURAL”**. México. Limusa.

Para la virtualización de los servicios auxiliares se hace el estudio de los principales servicios auxiliares con los que cuenta el Laboratorio de Operaciones Unitarias, red de comunicaciones, tratamiento de agua, toma de agua, toma de aire, combustible, red eléctrica, cada uno de estos servicios deben estar perfectamente representados en la virtualización.

**Redes de comunicación.-** Las redes o infraestructuras de comunicaciones proporcionan la capacidad y los elementos necesarios para mantener a distancia un intercambio de información y/o una comunicación, ya sea ésta en forma de voz, datos, vídeo o un conjunto de los anteriores. Los elementos necesarios comprenden disponer de acceso a la red de comunicaciones, el transporte de la información y los medios y procedimientos (conmutación, señalización, y protocolos para poner en contacto a los extremos (*abonados, usuarios, terminales*) que desean intercambiar información. Además, varias veces los usuarios se encuentran en extremos pertenecientes a diferentes tipos de redes de comunicaciones, o en redes de comunicaciones que aún siendo iguales son de distinta propiedad. En estos casos, hace falta contar con un procedimiento de interconexión.

En el Laboratorio de Operaciones Unitarias las principales redes de comunicación son las de los equipos que proporcionan datos a un ordenador para una mejor precisión en cada uno de los análisis y un control sobre ellos; otra es la red de internet con la que cuenta mediante un router que brinda señal inalámbrica tomada de la red universitaria.

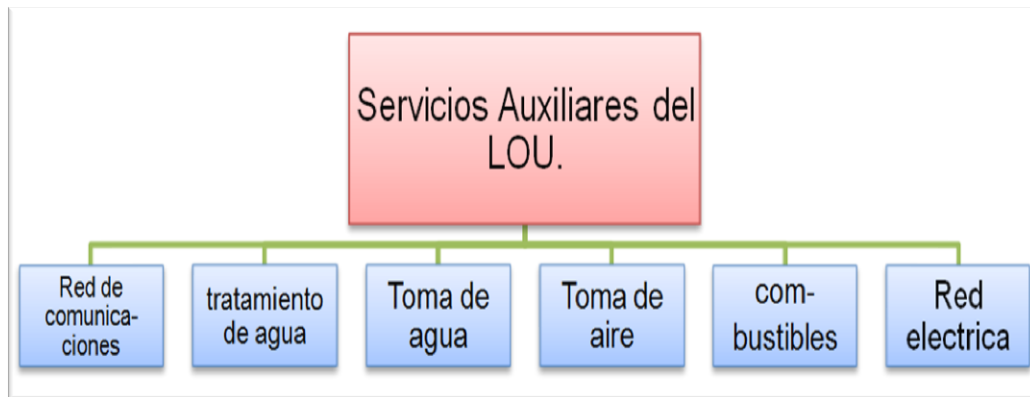
**Tratamiento del agua.-** Este es uno de los principales servicios con los que cuenta el Laboratorio de Operaciones Unitarias ya que ha su vez proporciona a la

universidad de agua desionizada para su virtualización es importante conocer el proceso de este servicio de desionización de agua parte con la toma de agua por medio de un tanque elevado, que surte la red de agua cruda, ésta a su vez se envía a un tanque de almacenamiento de 500 Litros. Marca Rotoplas para ser enviado a un tanque aireador el agua es tratada mediante por dos filtros, uno de resina aniónica y otro de resina catiónica y un tercer tanque de carbón activado que es parte del sistema de agua desionizada mod. M-99 de la Marca SAER/ACUAJET con lo que se vierte el fluido tratado en las vertientes de desecho para así cumplir con la recirculación previo enfriamiento, como lo muestra la figura dieciocho.

**Tomas de agua.-** El agua que se suministra para el L.O.U. es proveniente del pozo de la universidad, pero no es suficiente ya que es necesario adquirir pipas de agua para poder satisfacer la demanda. La facultad cuenta con dos cisternas de 10,000 Litros de capacidad, mediante una bomba centrífuga es abastecido los dos tanques elevados que proporcionan el agua necesaria al L.O.U. para su servicio permanente, estando así conectado el drenaje colector general de la universidad.

**Red eléctrica.-** La línea de Voltaje que suministra el L.O.U. proviene de la subestación de la Universidad proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad, teniendo la posibilidad de brindar dos tipos de voltaje, de 220 Volts. y de 110 Volts. Para la operación y correcto funcionamiento de los equipos.

Una vez conociendo cada uno de los servicios auxiliares con los que cuenta el Laboratorio de Operaciones Unitarias (*L.O.U.*), en base a una reclasificación de estos se podrá observar la forma las coherente y ordenada para su virtualización como se muestra en el organigrama de la Figura 3.4



**Figura 3. 4** Subdivisión para la virtualización de los servicios auxiliares

### 3.1.2 VIRTUALIZACIÓN DE EQUIPOS.

Para llevar a cabo la virtualización de los equipos del Laboratorio de Operaciones Unitarias se pretende llevar a cabo una organización del mismo para así después agruparlos y ordenarlos según su clasificación; dividiéndose en Operaciones Unitarias y Procesos Unitarios como se muestra en la figura 3.5.



**Figura 3. 5** Clasificación para la virtualización de los equipos.

Operaciones unitarias.- *“Los pasos, estadios o unidades que son independientes de material que se procesa o bien son características del sistema en particular. Se han restringido aquellos estadios donde los cambios son solamente físicos y afectan a la materia sin afectar sus propiedades químicas”*<sup>15</sup>.

Proceso unitario.- *“Es cualquier operación o serie de operaciones unitarias que provocan un cambio físico o químico a un material o mezcla de materiales”*<sup>16</sup>.

Con el propósito de tener un mejor entendimiento de la diferencia entre las operaciones unitarias y los procesos unitarios; a continuación se detallan algunos ejemplos de operaciones unitarias son:

**FILTRACIÓN.**-Separación de las partículas sólidas en suspensión en un fluido, mediante el paso forzado de este a través de un medio filtrante o membrana sobre la cual depositan los sólidos.

**DESTILACIÓN.**- Separación de los componentes de una mezcla líquida por vaporización de la misma. Al calentar primero se desprenden los componentes más volátiles y va quedando un residuo líquido constituido por las sustancias de punto de ebullición más alto.

---

<sup>15</sup>Martha Orozco., Primera edición. **“Operaciones Unitarias”**. México. Limusa

<sup>16</sup>Martha Orozco., Primera edición. **“Operaciones Unitarias”**. México. Limusa

**CENTRIFUGACIÓN.-** Procedimiento de separación de líquidos mezclados o de partículas sólidas en suspensión en un líquido por efecto de una fuerza centrífuga.

**TRITURACIÓN.-** Se usa para reducir sólidos duros a tamaños menos grandes y más manejables.

**SECADO.-** Operación de separar un líquido que acompaña a un sólido.

**EXTRACCIÓN.-** Operación química básica de separación de sustancias disueltas en líquidas.

**DISOLUCIÓN.-** Mezcla de dos o más componentes cuyas propiedades varían, al ser modificadas sus proporciones.

**CRISTALIZACIÓN.-** Proceso físico por el cual un cuerpo adquiere la estructura cristalina. Puede realizarse por sublimación por fusión y posteriormente por enfriamiento de la masa fundida o por evaporación gradual del disolvente en una solución saturada.

**AGITACIÓN.-** Operación química que consiste en crear movimientos turbulentos en un fluido mediante dispositivos mecánicos que actúan sobre el (agitadores). Se emplea industrialmente para acelerar ciertas operaciones como la extracción, el mezclado y la absorción.

**DILUCIÓN.-** Es una aplicación al problema de la medición de una corriente de flujos se basa en la adición de una sustancia soluble en el fluido.

**DECANTACIÓN.-** Es la separación por inclinación de un líquido de un sólido.

**EVAPORACIÓN.-** Paso de una sustancia del estado líquido al de vapor, a una temperatura inferior a la de ebullición y tiene lugar solo en la superficie del líquido además de que se produce en forma gradual.

**PRECIPITACIÓN.-** Aparición de una fase sólida en el seno de una disolución se produce cuando la concentración de soluto supera la máxima posible. Se usa en análisis como método de purificación de sustancias.

Conociendo cada definición se procede a diseñar cada uno de los Equipos con los que cuenta el Laboratorio de Operaciones Unitarias y agrupar según su clasificación en la Figura 3.6 se muestran las principales operaciones unitarias con las que cuenta el Laboratorio de Operaciones Unitarias



**Figura 3. 6** Clasificación de los equipos en operaciones unitarias para una mejor virtualización.

Y ahora se ejemplifican algunos procesos unitarios, como son:

**OXIDACIÓN.-** Proceso por el cual una especie química pierde electrones simultáneamente a la ganancia de los mismos por otra sustancia.

**COMBUSTIÓN.-** Reacción química entre una sustancia oxidante (comburente) y otra reductora (combustible) con desprendimiento de calor y eventualmente de luz.

**FERMENTACIÓN.-** Conjunto de reacciones químicas por las que una sustancia orgánica se transforma en otra por medio de ciertos microorganismos y generalmente va acompañada de gases.

**SAPONIFICACIÓN.-** proceso químico por el cual los ésteres se desdoblan en ácidos y alcohol por acción del agua son acciones reversibles, muy lentas y en general catalizadas por ácidos minerales o por alcalis.

**SULFHIDRACIÓN.-** Proceso de adicionar un reactivo que contenga sulfuro de hidrogeno.

**CAUSTIFICACIÓN.-** Proceso unitario que implica al carbonato sódico con cal y la producción electrolítica de sosa cáustica con sal común produciendo hidróxido sódico.

**HIDROGENACIÓN.-** Reacción química entre el hidrogeno molecular y un compuesto orgánico en presencia de catalizadores.

**PRECIPITACIÓN.-** Aparición de una fase sólida en el seno de una disolución se produce cuando la concentración de soluto supera la máxima posible

**ELECTRÓLISIS.-** Descomposición de sustancias que se encuentran disueltas o fundidas al paso de la corriente eléctrica. El proceso tiene lugar en una cuba electrolítica, de manera de que sobre el electrodos positivo y negativo se depositan los iones negativos y positivos respectivamente.

**HALOGENACIÓN.-** Consiste en insertar un átomo de cualquier halógeno en una cadena de compuesto orgánico por desplazamiento de una doble ligadura.

**POLIMERIZACIÓN.-** Es el proceso en el cual se forman productos de alto peso molecular a partir de materias primas de bajo peso molecular.

**REDUCCIÓN.-** Proceso químico caracterizado por la aceptación de electrones por parte de una molécula, átomo-ion.

**SULFONACIÓN.-** Introducción del radical sulfurilo en un compuesto orgánico.

**NITRACIÓN.-** Introducción del radical nitro (NO) en un compuesto orgánico, formado por nitrocompuestos.

**ALQUILACIÓN.-** Introducción de una cadena alifática en un compuesto cíclico, por sustitución de hidrogeno por un radical alquilo.

**DISOLUCIÓN:** Mezcla de dos o más componentes cuyas propiedades varían al ser modificadas sus proporciones.

Conociendo los principales procesos unitarios clasificamos los equipos del laboratorio de operaciones unitarias que sean utilizados para realizar dichos procesos y se clasifican como se muestra en la Figura 3.7 para llevar a cabo su virtualización.



**Figura 3. 7** Clasificación de los equipos que realizan procesos unitarios del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

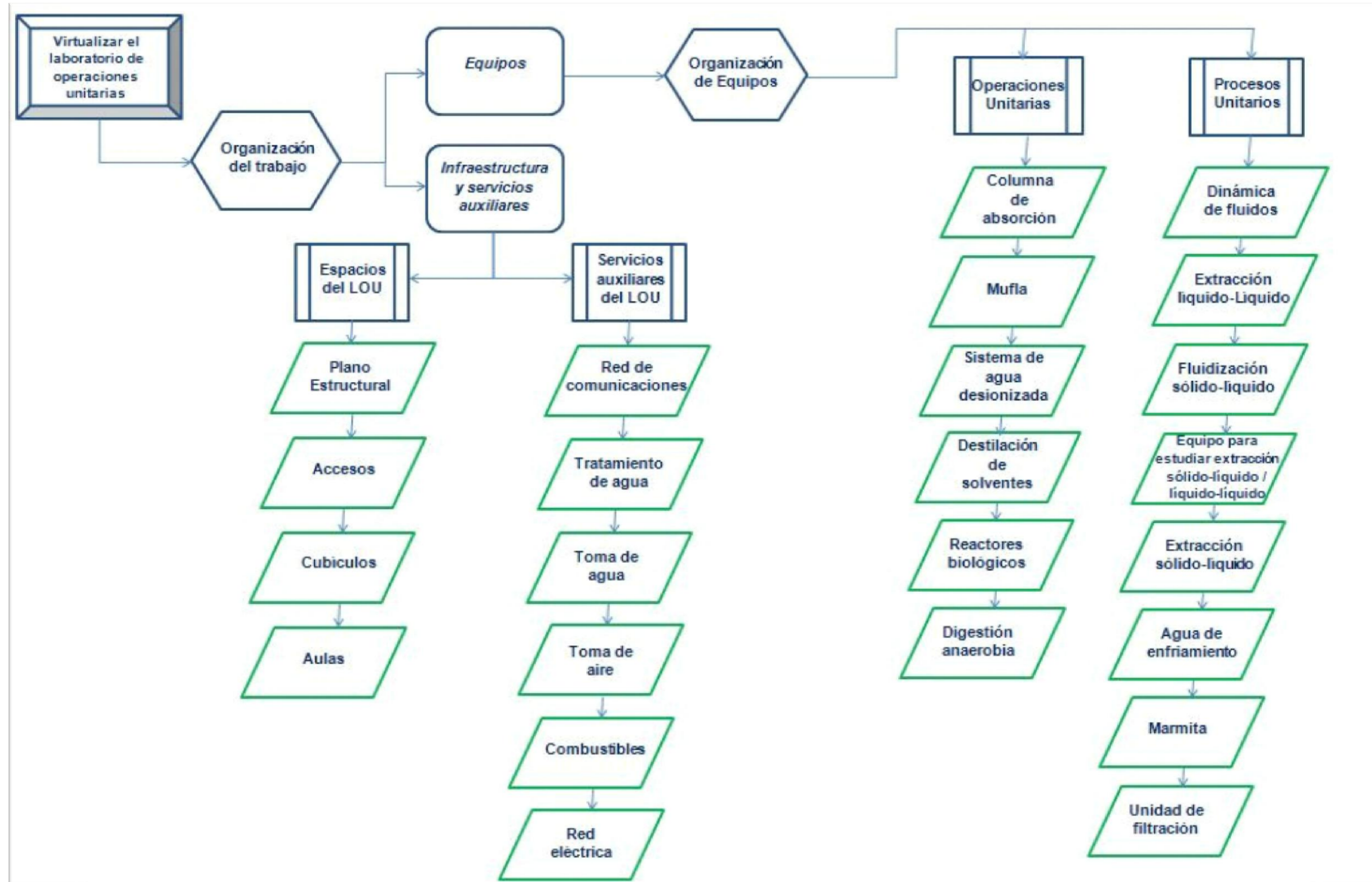


Figura 3. 8 Organigrama general del plan de trabajo para la virtualización de los equipos, infraestructura y servicios auxiliares del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

# CAPÍTULO

# 4

**INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS  
AUXILIARES**



## 4.1 INFRAESTRUCTURA.

En este capítulo se comprenden los pasos realizados para la virtualización de la infraestructura del Laboratorio de Operaciones Unitarias lo más apegado a la representación óptica y de las cuales se describieron en puntos anteriores, y se ilustrará este capítulo con algunas imágenes capturadas en fotografía, plasmadas en el diseño finalizado, así como captadas en el momento de su diseño y su medición.

### 4.1.1 Infraestructura exterior

En la Figura 4.1 se muestra la Ubicación exacta del Laboratorio de Operaciones Unitarias dentro del campus de Ciudad Universitaria de la Benemérita Universidad de Puebla; en la colonia San Manuel de esta ciudad, donde yace la Facultad de Ingeniería Química, específicamente en el salón 106 “F” del edificio 105 “A” por donde tiene su acceso.

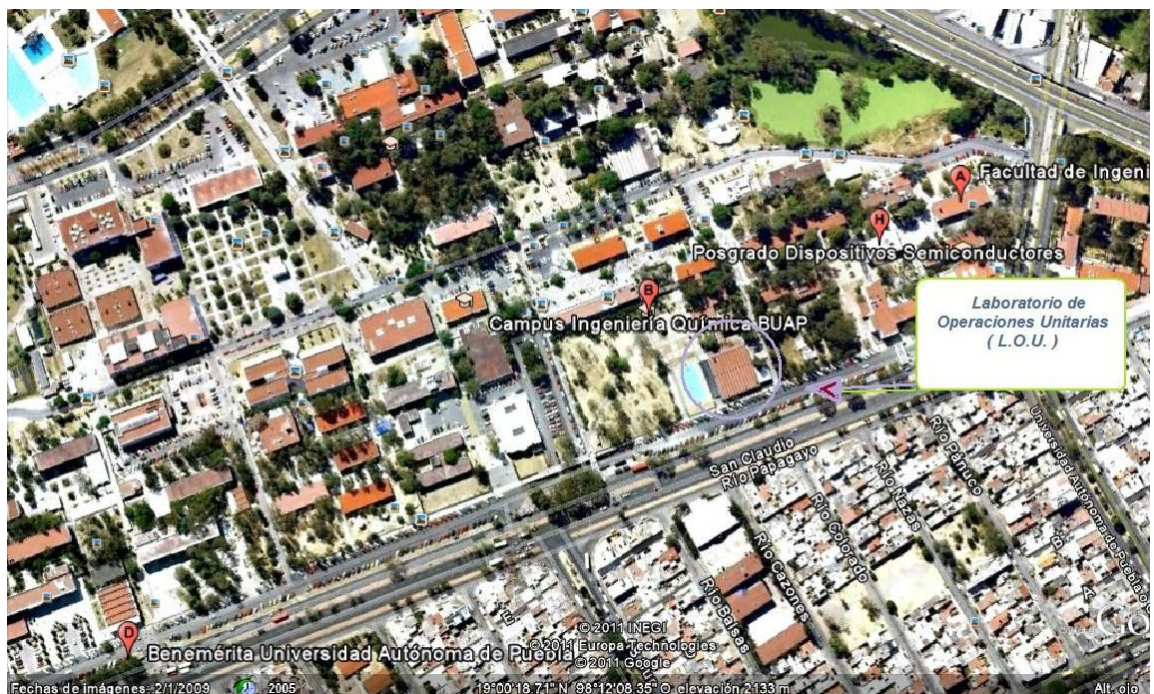


Figura 4.1 ubicación exacta del Laboratorio de Operaciones Unitarias (L.O.U.).

En la Figura 4.2 se muestra el corte frontal exterior de toda la infraestructura proporcionando el lugar donde se ubica este edificio y se aprecian los accesos con cara hacia el noroeste que dan paso al ingreso del recinto.

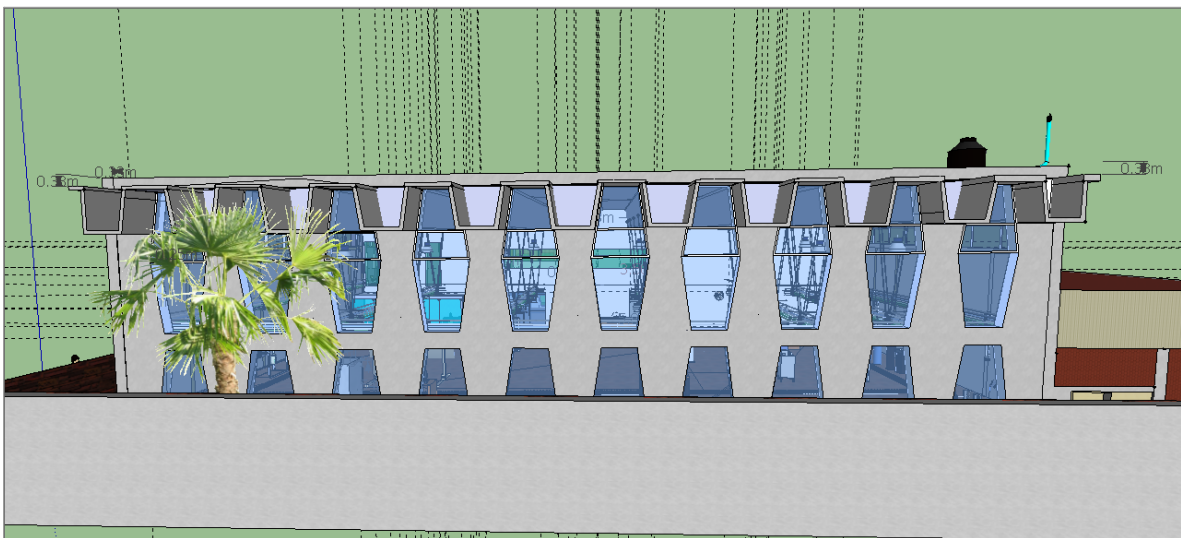
También muestran los servicios de ventilación compuesta por 7 ventanas agrupadas en un diseño arquitectónico muy peculiar y poco usual, pero con un fin de carga y firmeza en la construcción, muy bien calculado; en lo que respecta a su medida se tomo en cuenta las dimensiones a escala y mediciones exactas como en este caso que son de 1.68 metros de ancho en su base inferior y 1.04 m. de ancho en la parte superior, por 2.12 m. de alto, mismas q son diseñadas y construidas para brindar un ambiente óptimo de permanencia, seguridad y ventilación en el área de trabajo donde se desempeñan las prácticas de laboratorio más complicadas para obtener resultados fehacientes y lecturas convenientes para un reporte integral.

También se puede apreciar el jardín o área verde frontal que se destinó al área verde con el fin de dar una fachada fresca y un paisaje agradable a la estancia.



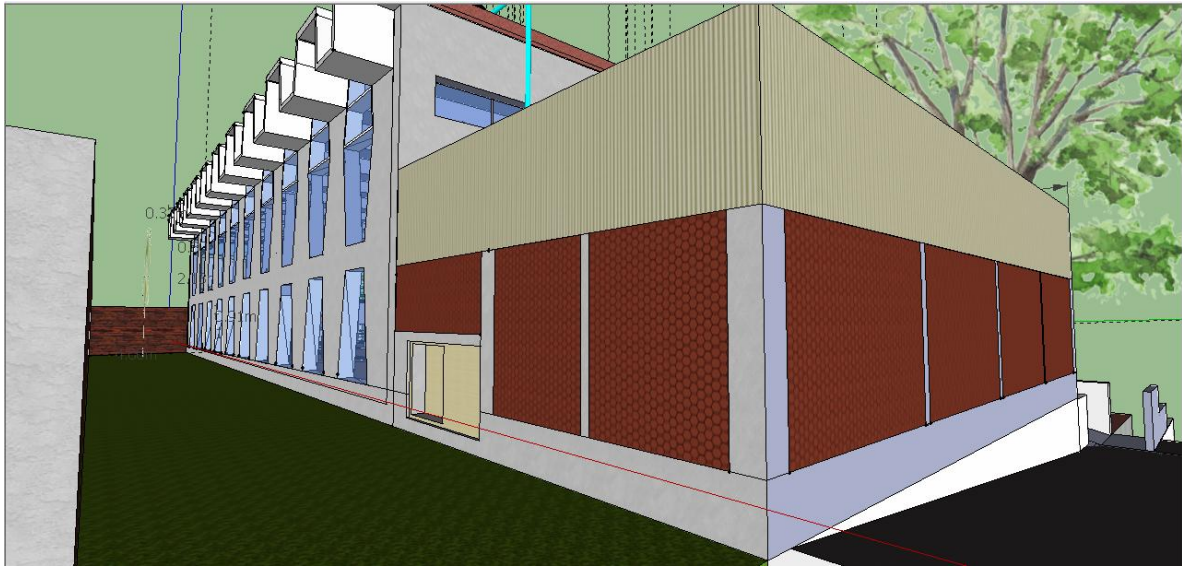
**Figura 4.2** Vista exterior del L.O.U. ubicado en la facultad de ingeniería química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla campus Ciudad Universitaria.

La primera etapa de virtualización requiere de una presentación del frente del Laboratorio de operaciones unitarias más adecuada y apegada a la realidad como se compara en la Figura 4.3 donde su frente se encuentra con vista al noreste hacia la Avenida San Claudio con una medida de 27.13 metros de frente, por 15.35 metros de fondo por 6.86 metros de alto; el cual como se aprecia en dicha figura cuenta con el acceso frontal de un almacén de maquinaria pesada y jardinería, también se utiliza como bodega para guardar artículos varios q no se utilizan.



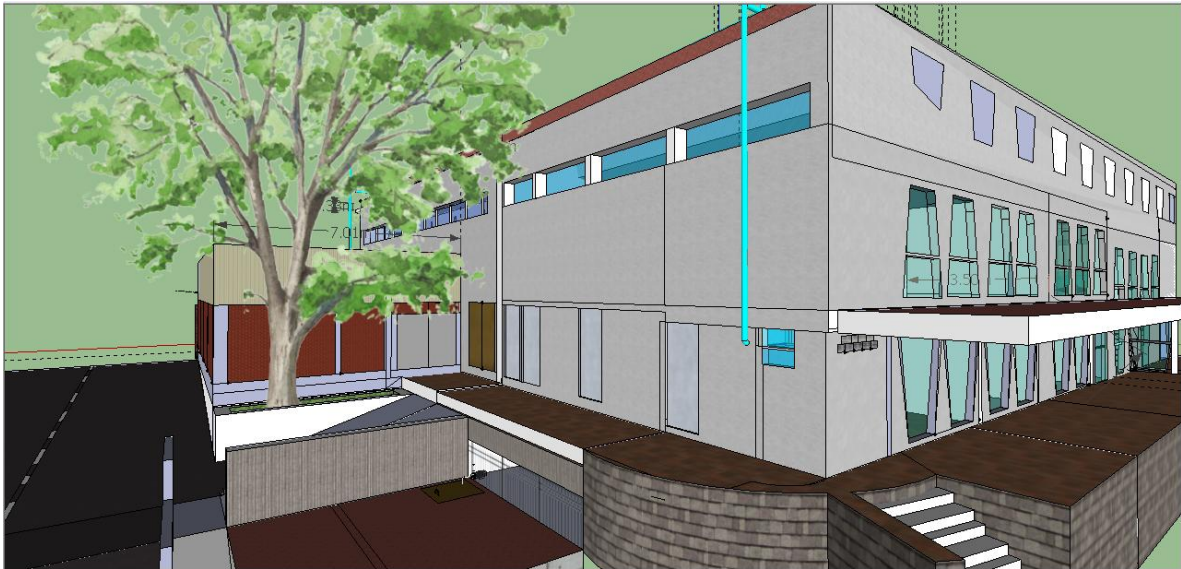
**Figura 4.3** Virtualización de la parte exterior frontal del Laboratorio de Operaciones Unitarias (L.O.U.) con vista hacia Avenida San Claudio colonia San Manuel.

En la Figura 4.4 se muestra la parte frontal del almacén que recibe y guarda todo el menaje, mobiliario universitario del L.O.U., así también distribuye las tuberías del servicio de agua, este almacén cuenta con dos entradas una hacia el lado noreste del L.O.U. donde tiene su frente y mide 2.21 metros de ancho por 1.23 metros de alto por 0.23 metros de fondo y para mayor utilidad tiene dos hojas y otra hacia el lado noroeste del L.O.U. y mide 2.34 metros de largo por 2.01 metros de alto por 0.20 metros de fondo la cual siempre está al servicio del L.O.U.



**Figura 4.4** Vista panorámica norte del L.O.U. donde se puede apreciar una de las dos puertas del almacén principal, donde se resguardan dos tanques hidroneumáticos.

En la parte noroeste del L.O.U. se encuentra la salida de emergencia con la que cuenta, que es una puerta de practica apertura, nada pesada, para fácil abandono del recinto en caso de contingencias; siendo que mide 1.91 metros de largo, por 2.09 metros de alto, por 0.18 metros de grosor, de doble hoja y como se aprecia en la Figura 4.5 también se muestra el otro acceso al almacén el cual se describe en puntos anteriores junto con la rampa de acenso y descenso para minusválidos que mide 5.14 metros de largo por 3.60 de ancho con un ángulo de inclinación de 16.3 grados con acceso hacia la vialidad donde circula el sistema de transporte universitario.



**Figura 4.5** Muestra la proyección virtual de la salida de emergencia.

En la parte sur del Laboratorio de Operaciones Unitarias, en su parte posterior, se extiende un pasillo donde existen el mismo número de ventanas que en la fachada, pero en esta ocasión cada ventana resguarda un salón de clases, una sala de conferencias, dos laboratorios y los dos cuartos de baño contando el L.O.U. con un cuarto de baño para mujeres y otro para hombres como lo muestra la Figura 4.6 puntualizando la puerta de acceso al L.O.U. la cual tiene las siguientes dimensiones 1.04 metros de ancho por 2.11 metros de alto, por 0.15 metros de fondo con marco de fierro con ventana de vidrio, la que muestra en la parte superior el letrero con el número de edificio y número de salón que le corresponde dentro de la facultad de Ingeniería Química.



**Figura 4.6** Se muestra la fachada posterior o pasillo de acceso.

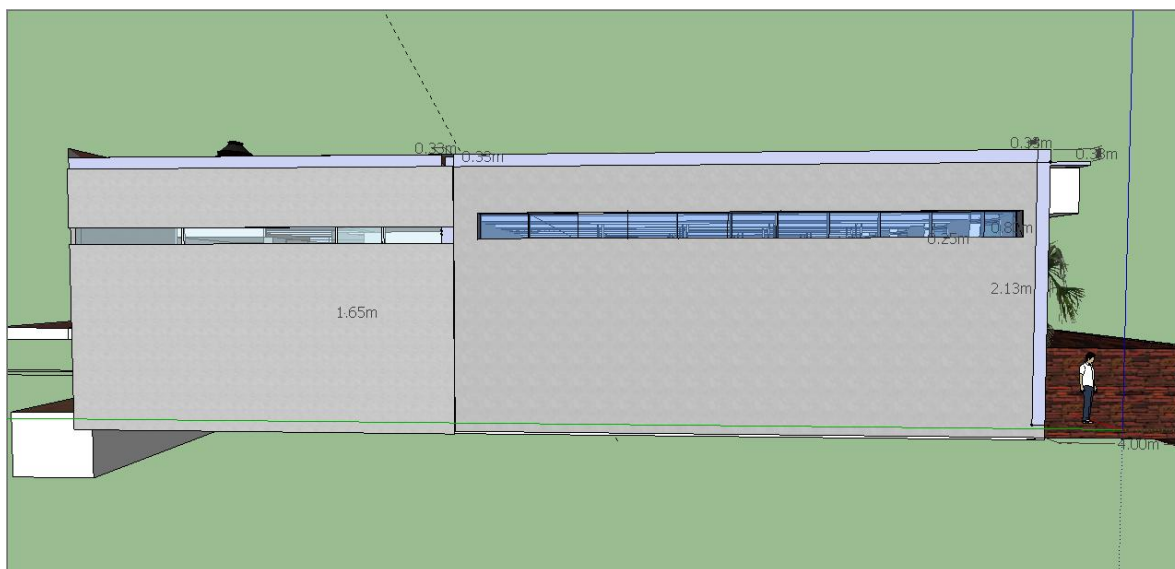


**Figura 4.7** Representación virtual de la parte posterior del L.O.U.

En la parte sur sureste del recinto se encuentran solo las 11 ventanas altas que solo permiten el paso de la luz hacia el L.O.U., las cuales tienen una medida de 1.35 metros de ancho, por 0.70 metros de alto, por 0.33 metros de fondo; dichas ventanas dan vista hacia las gradas de las canchas de basquetbol como lo muestra la Figura 4.8, al igual que su representación en diseño virtual en la Figura 4.9; con lo que tendríamos vista hacia el pequeño parque bicentenario.



**Figura 4.8** Vista del L.O.U. desde el parque del bicentenario.



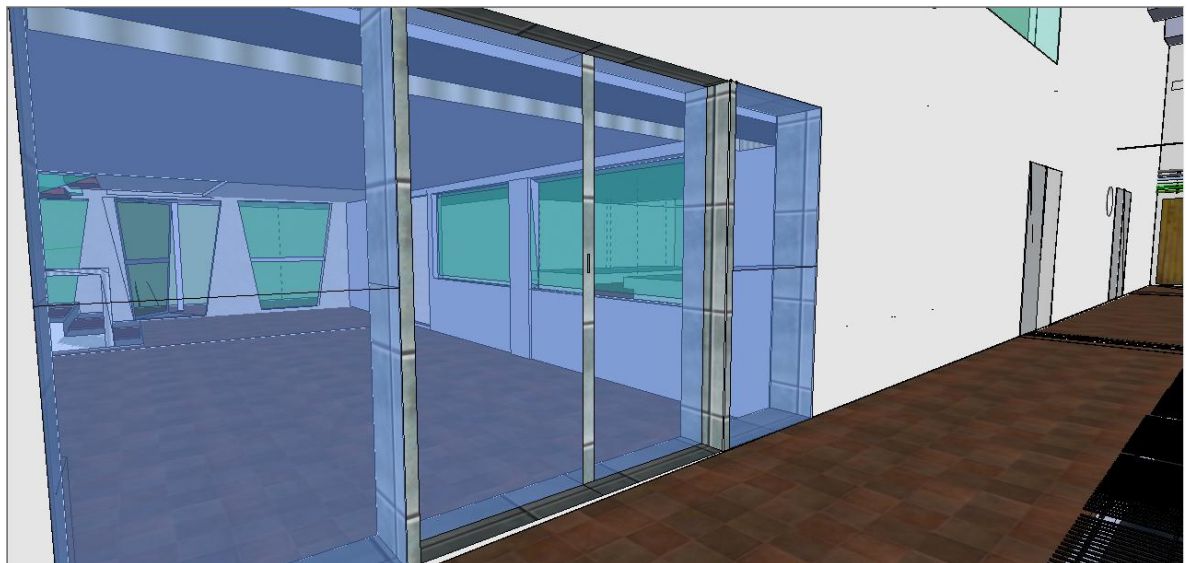
**Figura 4.9** Virtualización de la perspectiva sursureste del L.O.U.

#### **4.1.2.- Infraestructura interior.**

En esta parte del presente trabajo se plasmó la organización del Laboratorio de Operaciones Unitarias (L.O.U.) en su interior, cabe aclarar, como ya se había detallado en capítulos anteriores el L.O.U. a lo largo de su vida útil se ha ido modificando según las necesidades de los alumnos y las prácticas químicas que realizan los alumnos dentro del programa profesional de la carrera. En varios años de desempeño, el reacomodo del Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) luce de la manera como lo muestra la Figura 4.10 de la forma siguiente.



**Figura 4.10** Apreciación del recibidor del L.O.U. y puerta de acceso.

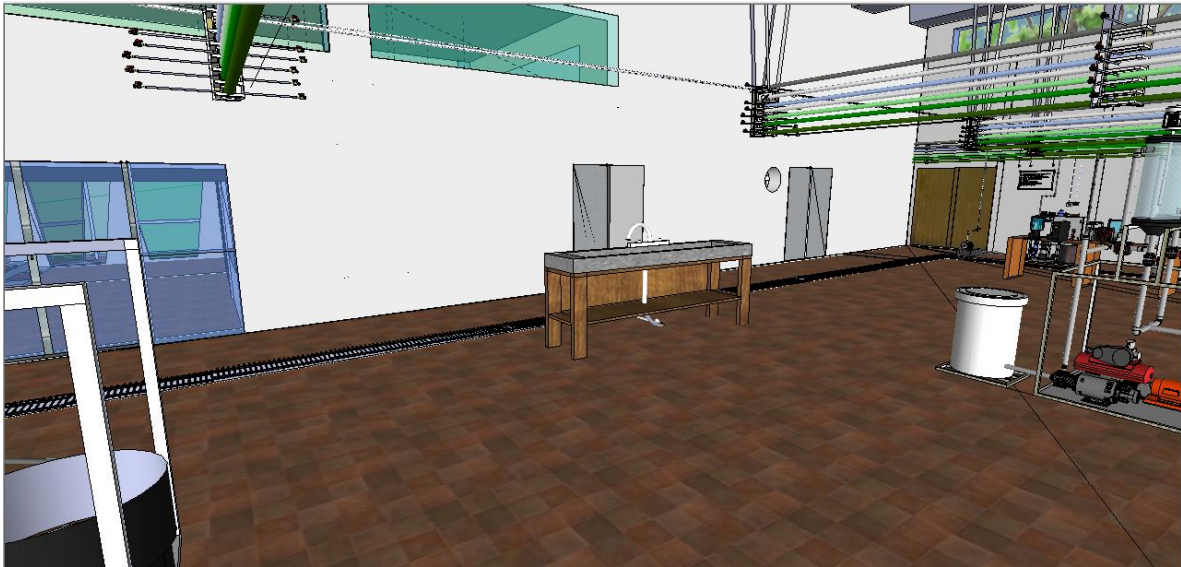


**Figura 4.11** Virtualización del recibidor del L.O.U.

El L.O.U. cuenta con unas medidas de 5.75 metros de alto, por 26.78 metros de largo, por 15.35 metros de fondo; donde se desarrollan las prácticas de laboratorio con todos los servicios que se describen en el siguiente apartado de este mismo capítulo, y con lo que se tendrá, comodidad al conectar muchos de los equipos contenidos en el L.O.U. y servicios que son indispensables para las prácticas; desde una buena iluminación, como una idónea ventilación y un posible desplazamiento útil y práctico, con un rápido acceso a la salida de emergencia y con posibilidad de reacomodar el equipo que se desee, así como en las condiciones que se desee como lo muestra la Figura 4.12 donde se muestra la orientación hacia el poniente del L.O.U.



**Figura 4.12** Vista hacia el oeste en el interior del L.O.U.



**Figura 4.13** Percepción hacia el oeste donde se aprecia la entrada al laboratorio de cárnicos y procesamiento de alimentos.

En la Figura 4.14 se muestra el laboratorio de Operaciones Unitarias con vista hacia el noreste donde tiene su vista hacia el circuito principal y la calle lateral del campus donde se aprecia las travesaños principales de la edificación la cual tiene una estructura modernista muy peculiar donde las ventanas solo se abren por seguridad a  $45^\circ$  solo para que circule el aire para ventilación las cuales tienen: 0.74 metros de largo, por 1.56 metros de ancho, por 0.33 metros de cavidad estructural y 1.03 metros de separación entre sí, creando una estructura muy resistente.



**Figura 4.14** Vista estructural de la parte noreste del L.O.U.

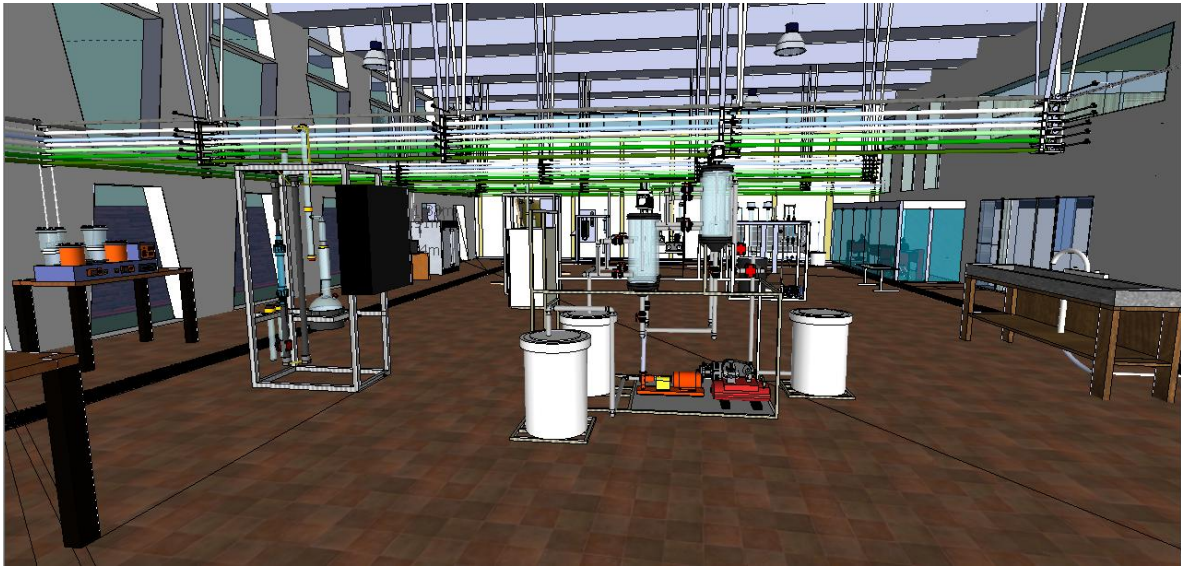


**Figura 4.15** Corte estructural de las cavidades de ventilación, vista noreste.

En el corte estructural con vista hacia el sur se permiten apreciar las tuberías de servicios a una altura de 2.38 metros con respecto al piso y 3.84 metros con respecto al techo desde la primera y la última respectivamente, como se muestra en las Figuras 4.16 y 4.17. sujetados por cuatro tirantes de acero de 0.15 metros de espesor y que se encuentran sujetos a las traveses que atraviesan todo el techo, del que se sujetan con tornillos expansivos para un mayor agarre, seguridad y para poder soportar hasta más de 100 kilogramos.



**Figura 4.16** Corte estructural de la parte sur del L.O.U.

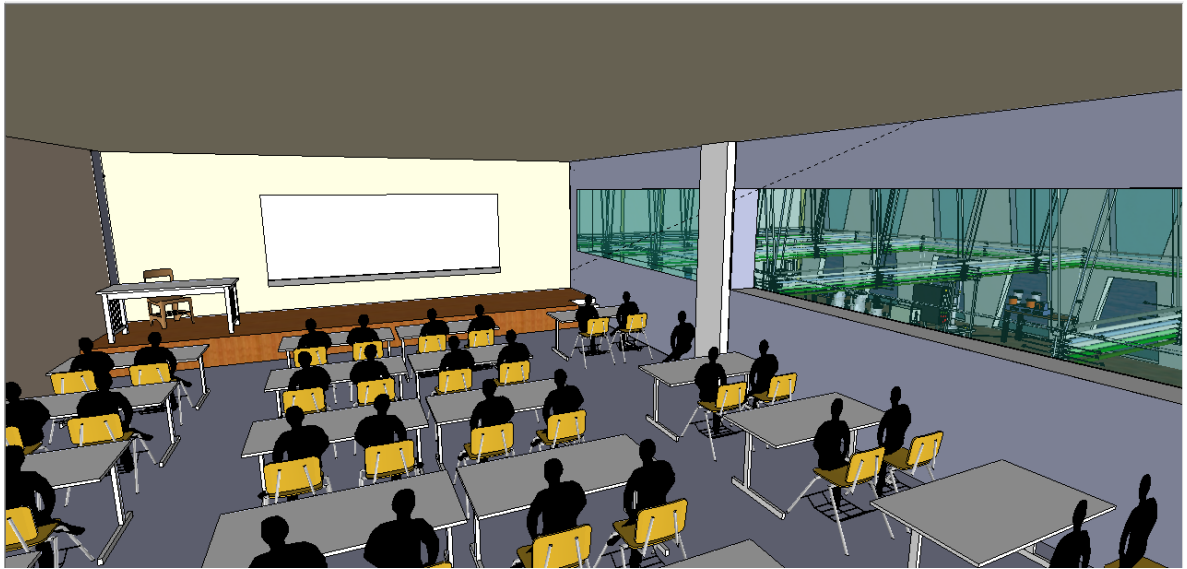


**Figura 4.17** Virtualización de la placa estructural interna zona sur.

En el acceso del recibidor, se encuentra una escalera que conduce a la segunda planta, en la que el L.O.U. cuenta con un salón de conferencias con proyector y una plataforma para exposiciones la cual también tiene vista hacia el Laboratorio y las siguientes dimensiones 10.60 metros de largo por 2.79 metros de altura y 6.97 de ancho como se muestra en la figura 4.18 y su virtualización en la figura 4.19.



**Figura 4.18** Sala de conferencias que pertenece al mismo edificio.



**Figura 4.19** Virtualización de la sala de conferencias del mismo edificio.

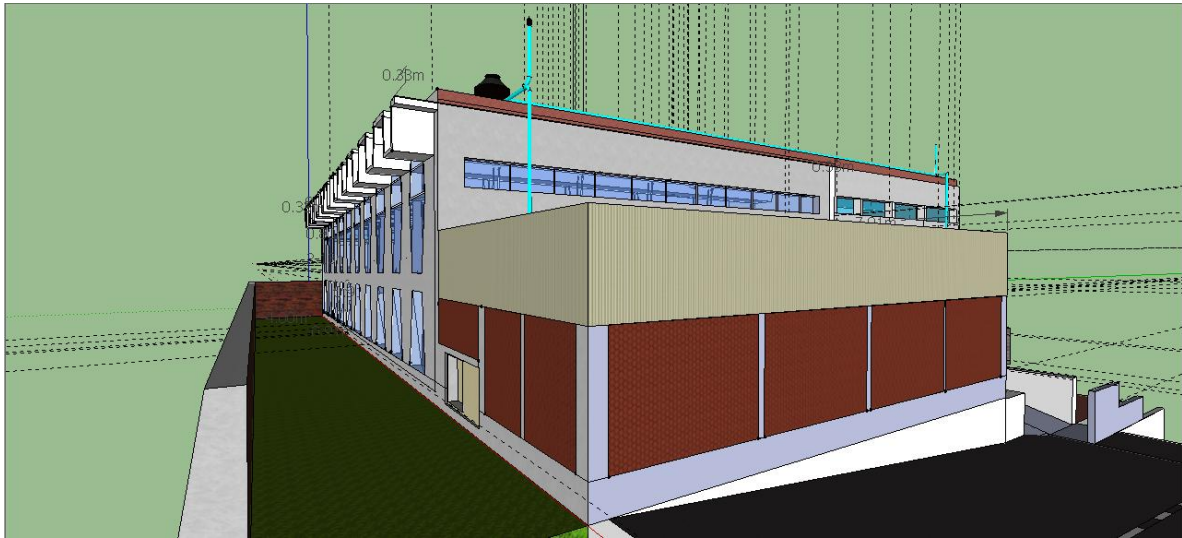
## 4.2.- SERVICIOS AUXILIARES.

Estos servicios se encuentran a disposición del usuario y personal docente del Laboratorio de Operaciones Unitarias y sirven para hacer funcionar las prácticas de laboratorio, teniendo la comodidad de que se encuentran al alcance del que lo necesite, favoreciendo la carga de trabajo y convirtiéndola en practicidad.

En la parte norte del Laboratorio de Operaciones Unitarias, específicamente sobre el techo del Laboratorio se encuentra un tanque contenedor de agua con una capacidad de 1100 litros, marca “Rotoplas”, modelo reforzado con flotador y salida dividida, el cual brinda servicio de agua potable que en lo subsecuente la llamaremos “Agua cruda” o “Agua de servicio” al laboratorio de Operaciones Unitarias, misma que llega directamente por medio de una bomba de 0.75 HP como se puede apreciar en la Figura 4.20, la que describe el tamaño real contra la representación virtual del mismo que se muestra en la Figura 4.21.



**Figura 4.20** Ubicación del tanque de agua de servicio o agua cruda.



**Figura 4.21** Virtualización de la ubicación del contenedor de agua de capacidad de 1100 litros marca Rotoplas reforzado que se encuentra sobre el techo norte del L.O.U.

En el ala sur del techo del L.O.U., se encuentra un tanque elevado de agua Cruda del mismo volumen, solo que en el servicio cambia porque este solo brinda agua para el uso de sanitarios y el cuarto de mantenimiento que se encuentra en el área inferior y al sur del laboratorio por la parte de acceso al Laboratorio de operaciones unitarias y donde se encuentra el corredor de acceso como se muestra en la Figura 4.22, 4.23, así como Figura 4.24 y 4.25 respectivamente.



**Figura 4.22** Ubicación del tanque elevado para servicio de los cuartos de baño y mantenimiento.



**Figura 4.23** En esta figura se aprecia la localización del segundo tanque elevado virtual que solo fue posible capturar al tener acceso a la planta superior.



**Figura 4.24** Entrada al cuarto de mantenimiento y acceso al L.O.U. y almacén.



**Figura 4.25** Acceso hacia el L.O.U. virtual, al almacén y cuarto de mantenimiento.

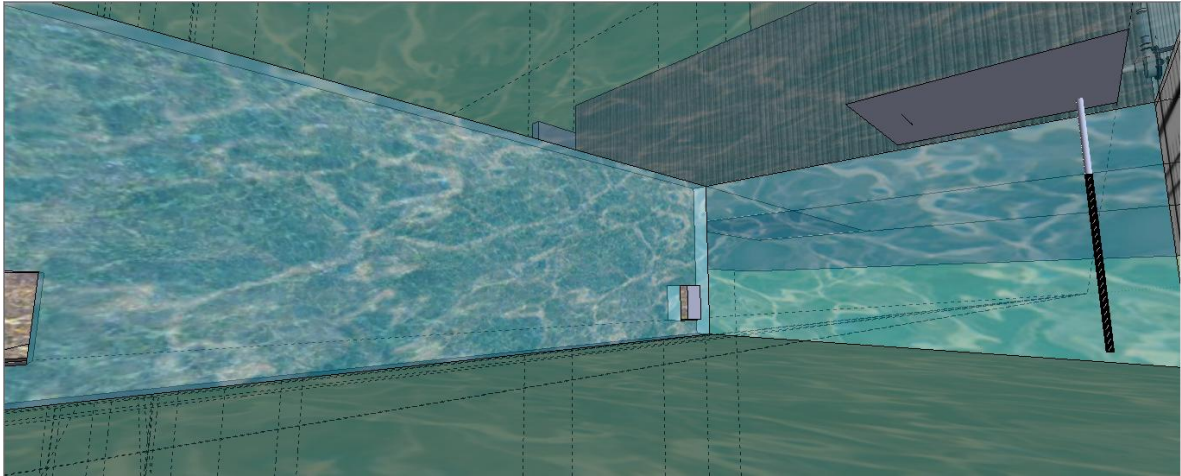
Los tanques elevados con los que se abastece de agua al Laboratorio de Operaciones Unitarias L.O.U.; extraen el líquido de dos grandes cisternas con una capacidad de 12,000 litros cada una; elaboradas de concreto pulido con los que se pueden abastecer el L.O.U. aproximadamente hasta un mes o mas ya que cuenta con una interconexión con la que si es el caso de que se comience a vaciar una, se continuará abasteciendo con la otra. Estas, se encuentran ubicadas en la parte del corredor norte justo al frente del laboratorio de cárnicos como se muestra en la Figura 4.26 donde se alcanzan a ver las tapas de las cisternas junto con la jaula protectora de la bomba de 0.75 H.P. con la que se impulsan los 16.67 litros por segundo de agua, para poder resurtir los ya mencionados tinacos de servicio marca rotoplas.



**Figura 4.26.-** Ubicación real de las dos cisternas abastecedoras del L.O.U.



**Figura 4.27.-** Comparación de la Ubicación virtual de las dos cisternas.

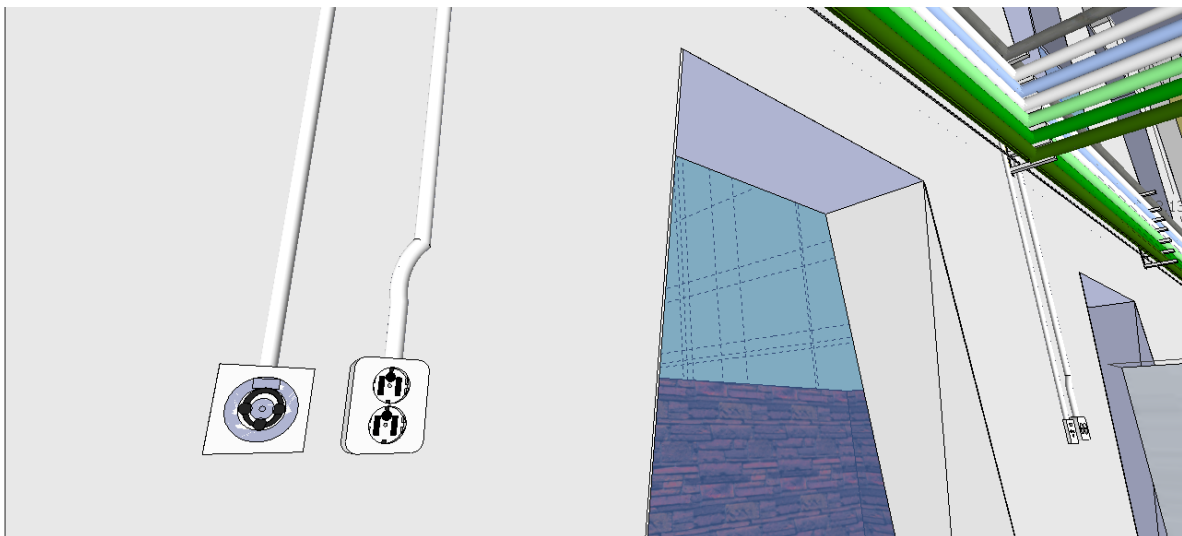


**Figura 4.28.-** Situación virtual del interior de las cisternas abastecedoras donde se aprecia la intercomunicación entre los fondos de cada una de ellas.

En el interior del L.O.U. cuenta con un servicio de doce conectores de pared que brindan servicio de corriente alterna de 220 Volts. De seguridad tipo “canadiense” de tres polos, y doce enchufes de tres polos tipo “B” a 110 volts repartidos alrededor y empotrados a la pared del Laboratorio de Operaciones Unitarias y cuatro de cada tipo, distribuidos en cada línea de servicio al centro como lo muestra en la Figura 4.29.



**Figura 4.29.-** Enchufes tomacorriente aterrizados de 120 volts. y enchufes tipo “C” europeo de corriente alterna a 220 volts.



**Figura 4.30.-** Virtualización de los enchufes tomacorriente tipo “B” de 3 polos y uno de tipo “canadiense” de tres polos.

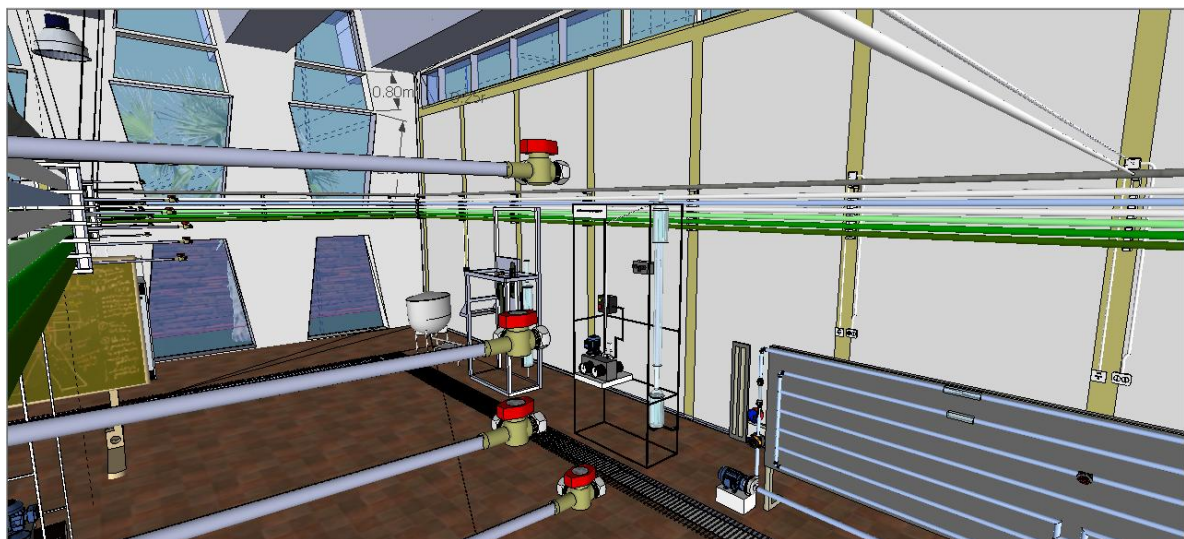
El Laboratorio de Operaciones Unitarias se relaciona con las prácticas de laboratorio que se llevan a cabo con instrumentación y equipo más pesado por tal motivo se requiere de mayor organización en los servicios de los que se haga uso, para el funcionamiento de dichos equipos; tal es el caso del agua de la cual no solo se emplea el agua cruda como tal, sino también se emplea el agua tratada y si es necesaria el agua recirculada. Otro de los servicios a organizar y para los que debe estar preparado el L.O.U., es el aire comprimido y el vacío mismos que cuentan con una tubería específica e independiente para ser transportados, siendo así la séptima y última tubería la que adapta el transporte, no menos importante, del sistema eléctrico como se muestra las Figuras 4.31 y 4.32, que además incluye una tubería de agua de enfriamiento con el que se podrá adaptar un simple pero eficiente servicio.



**Figura 4.31.-** Se muestran las tuberías que dan servicio alrededor del L.O.U.

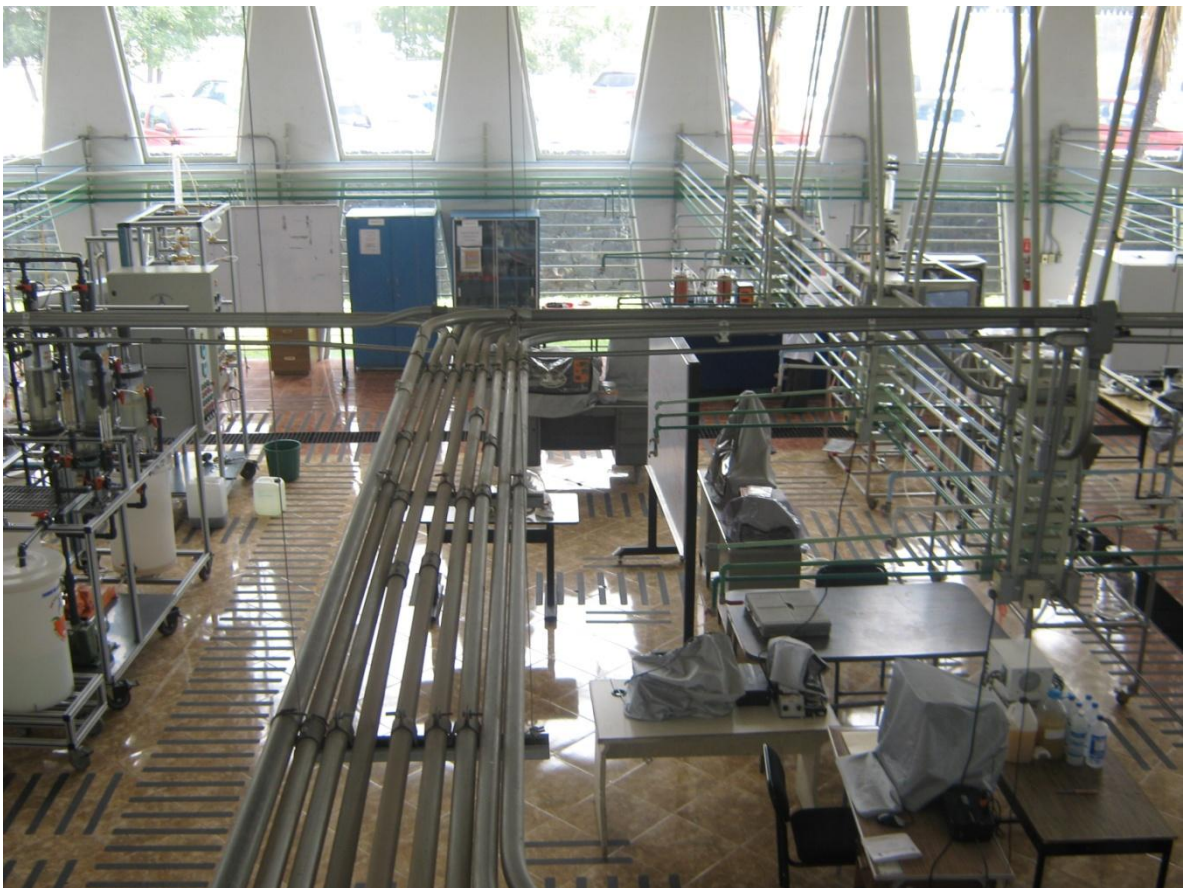


**Figura 4.32.-** Imagen Virtual del conjunto de tuberías con las que se dan diferentes servicios al lado noroeste L.O.U. incluyendo al equipo de agua de enfriamiento.

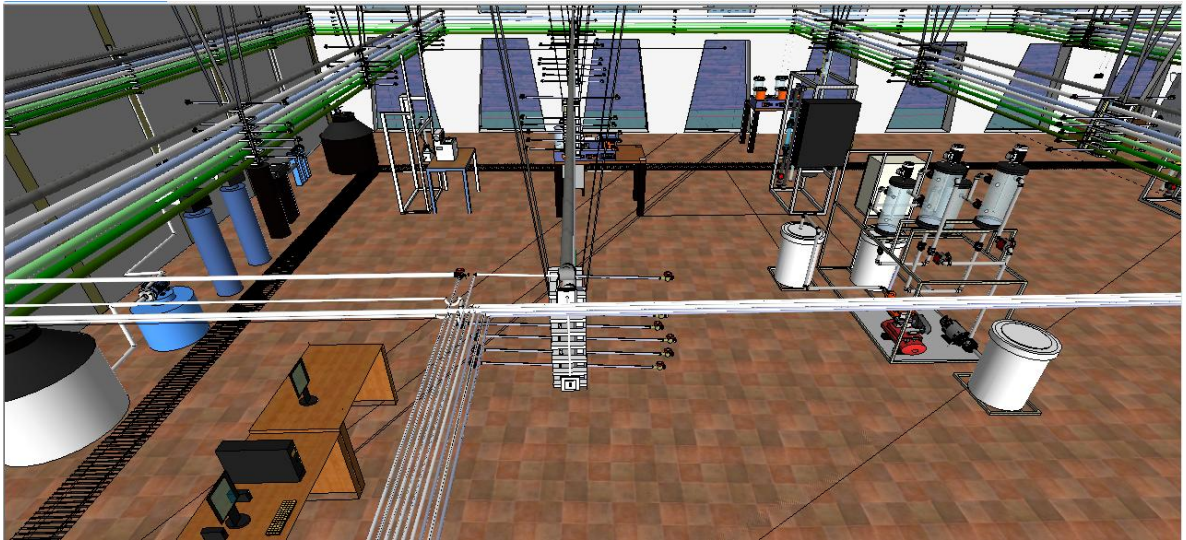


**Figura 4.33.-** Imagen virtual del conjunto de tuberías que dan servicio del lado sureste del L.O.U.

El servicio eléctrico para los enchufes tomacorriente es indispensable ya que debe de ir bien aislado para evitar cortos circuitos y posible desgaste de los aislantes del cableado, por eso hay una tubería para transportar el cableado eléctrico de corriente alterna a 220 volts y otro independiente para el de corriente alterna de 120 volts como se muestra en la Figura 4.34 la tubería que protege el cableado de eléctrico.



**Figura 4.34.**-Tubería donde se transporta y protege el cableado eléctrico.

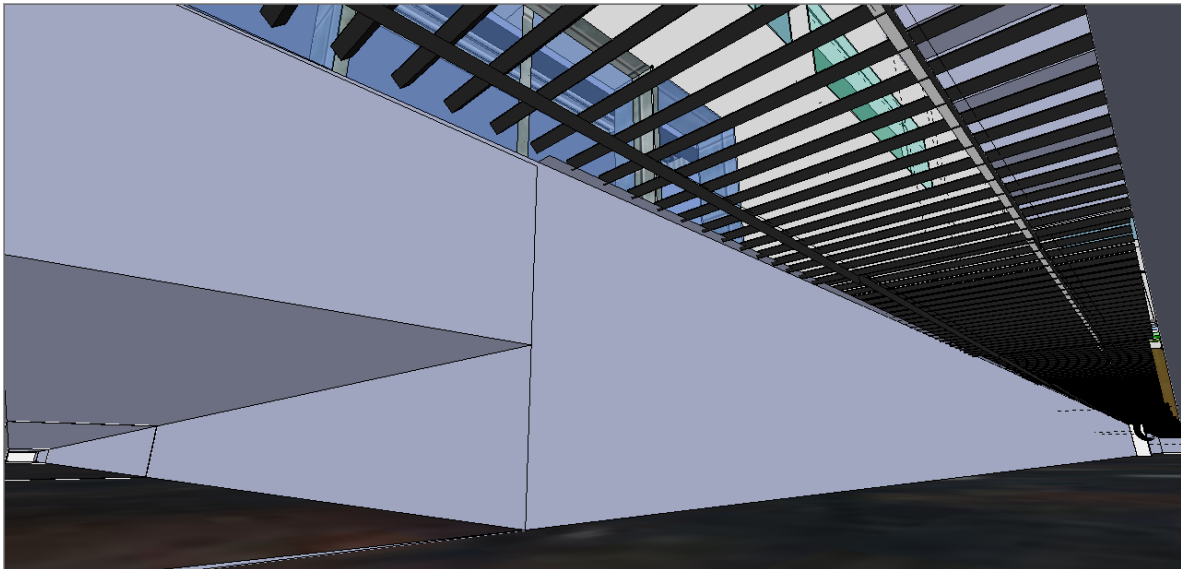


**Figura 4.35.-** Virtualización de la tubería eléctrica de alto y bajo voltaje.

Alrededor de todo el Laboratorio de Operaciones Unitarias el drenaje de los equipos no es problema alguno, ya que cuenta con una serie de canales, específicamente hablando subterráneos los cuales podrán transportar en su momento las vertientes de los equipos para recirculación de líquidos o desviarlo al drenaje principal, cuyo registro que mide 0.33 metros de ancho por 0.15 metros de de alto por 26 metros de largo con salida hacia el registro general; se perfila en la parte inferior del ala sur del Laboratorio de Operaciones Unitarias como se muestra en la Figura 4.36.



**Figura 4.36.-** Vista del canal de drenaje interno que se extiende debajo de las rejillas de servicio.



**Figura 4.37.-** Virtualización de la vista panorámica de las rejillas que cubren el drenaje interno del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

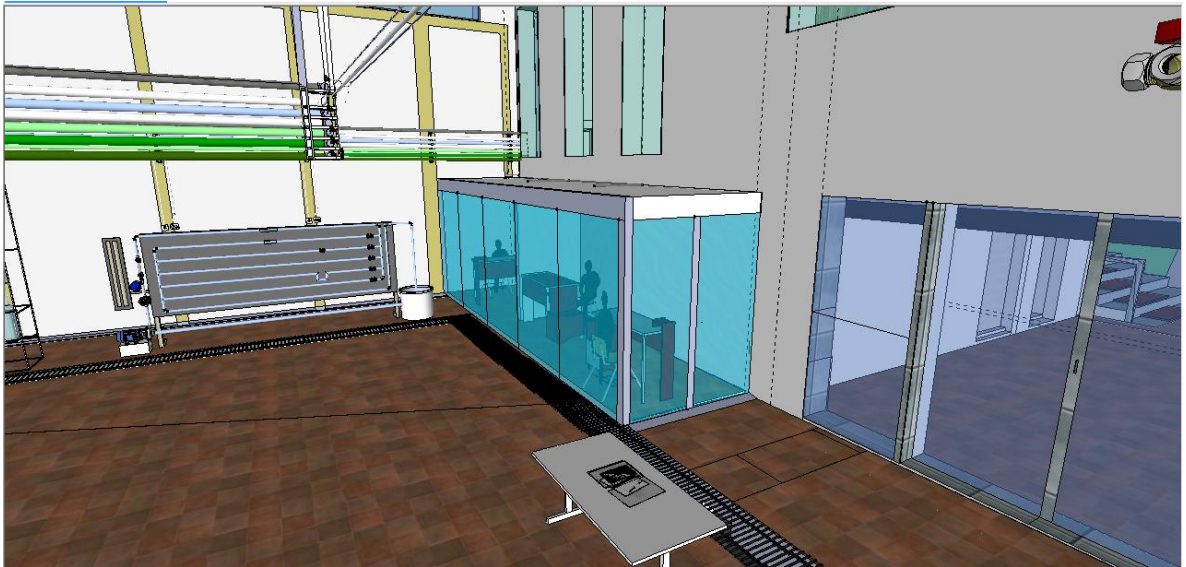
El laboratorio cuenta con una oficina de control donde se atienden las necesidades académicas y prácticas del alumnado así, también en este lugar, se encuentran los catedráticos responsables del buen funcionamiento de éste, contando con tres escritorios dentro de un cubículo de 6.27 metros de largo por 1.60 metros de ancho por 2.10 metros de alto, que se encuentra en la esquina suroeste del L.O.U. así mismo, aquí se concentran todas las líneas de telecomunicaciones que brindan conexión inalámbrica de wireless a todo el recinto como lo muestre las Figuras 4.38, 4.39, 4.40 y 4.41 de los ángulos externos e internos de la oficina de control; de igual manera en esta última Figura se muestra lo que sería una toma visual casi imposible de su servicio eléctrico y que gracias al diseño virtual se pudo obtener.



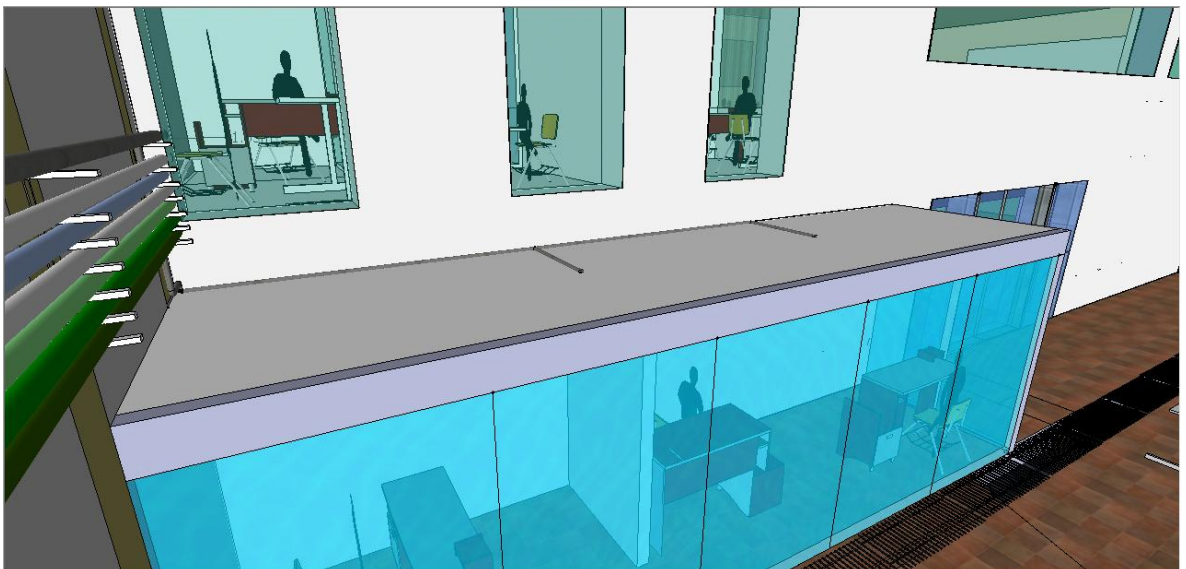
**Figura 4.38.-** Vista frontal de la oficina de control del L.O.U.



**Figura 4.39.-** Proyección del interior de la oficina de control.



**Figura 4.40.-** Vista frontal y acceso a la oficina de control ubicada en la zona suroeste dentro del L.O.U. junto a la entrada del mismo.



**Figura 4.41.-** Vista frontal de la oficina de control.

# CAPÍTULO

# 5



**TEORIA Y DISEÑO DE LOS  
EQUIPOS DEL LABORATORIO DE  
OPERACIONES UNITARIAS**

## 5. DISEÑO DE LOS EQUIPOS DEL L.O.U.

El presente capítulo presenta la virtualización de los Equipos ubicados en el L.O.U. los cuales se dividen como lo indica el capítulo 3 en Operaciones Unitarias y Procesos Unitarios.

### 5.1 OPERACIONES UNITARIAS.

*“Los paso, estadios o unidades que son independientes de material que se procesa o bien son características del sistema en particular. Sean restringido a aquellos estudios donde los cambios son solamente físicos y afectan a la metería sin afectar sus propiedades químicas”<sup>17</sup>.*

#### 5.1.1 COLUMNA DE ABSORCIÓN

*“Absorción es el proceso que captura ciertos componentes de una corriente de gas por medio de un absorbente líquido. La transferencia de materia entre liquido y gases depende de la presión de vapor de los componentes en función de la temperatura. La absorción es un proceso similar a la destilación”<sup>18</sup>.*

---

<sup>17</sup>Martha Orozco., Primera edición. **“Operaciones Unitarias”**. México. Limusa

<sup>18</sup>Jose Acebedo Sanchez., Primera edición (2003). **“Control Avanzado de Procesos”**.España. Díaz de Santos

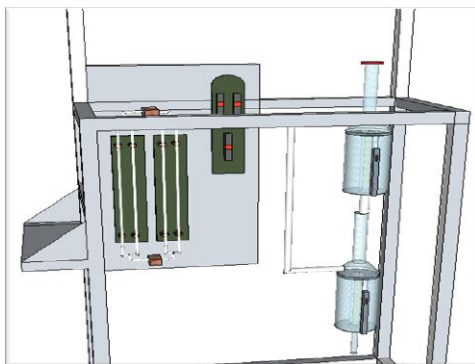
El comportamiento de una columna de absorción es similar a la mitad superior de una columna de destilación convencional, por lo cual no existe reboiler la alimentación en fase vapor entra por el fondo y el gas efluente sale por la cabeza.

En este equipo se pueden estudiar fenómenos multifase en la forma individual o conjunta como son, fluido dinámico y la transferencia de masa en una columna rellena. Este equipo se encuentra en la parte Noreste del L.O.U. y su soporte tiene una altura de 2.70 metros La cual se encuentra dividida en dos secciones la primera mide 1.70 metros y la restante 1.0 metro respectivamente, con un ancho de 1.10 metros y tiene un fondo de 0.50 metros.

El equipo cuenta con un pequeño reactor cuyas dimensiones son 0.45 metros de largo y un diámetro de 0.17 metro el que se encuentra a 0.90 metros de altura sobre el nivel del piso cuenta con una palca que mide 1.20 x 0.60 metros se encuentra una altura de 0.75 metros sobre el nivel del piso, dicha placa contiene medidores de nivel, como podemos observar en la figura 5.1 fotografía tomada del equipo, ubicado en nuestro laboratorio.



**Figura 5. 1** Torre de absorción del LOU.



**Figura 5. 2** Imagen de la virtualización de la columna de absorción.

### 5.1.2 DESTILACIÓN DE SOLVENTES.

La destilación es un proceso que permite separar los distintos componentes de una mezcla en función de su temperatura de ebullición, basándose en las distintas volatilidades relativas de los propios compuestos. Dada la simplicidad de estos procesos y coste relativamente bajos la destilación es una operación en la industria química muy importante. Se realiza por el contacto a contra corriente del vapor que asciende, como consecuencia del calentamiento efectuado en el

reboiler, y del líquido que desciende como consecuencia del enfriamiento producido en el condensador de cabeza. De esta manera, los componentes más volátiles se acumulan en el vapor y los componentes más pesados en el líquido. El reparto entre las dos fases se traduce, a lo largo de la columna, en un gradiente de temperatura proporcional a la concentración de los componentes<sup>19</sup>.

Es la operación de separar, mediante vaporización y condensación, los diferentes componentes líquidos, sólidos disueltos en líquidos o gases licuados de una mezcla, aprovechando los diferentes puntos de ebullición (temperaturas de ebullición) de cada una de las sustancias ya que el punto de ebullición es una propiedad intensiva de cada sustancia, es decir, no varía en función de la masa o el volumen, aunque sí en función de la presión.

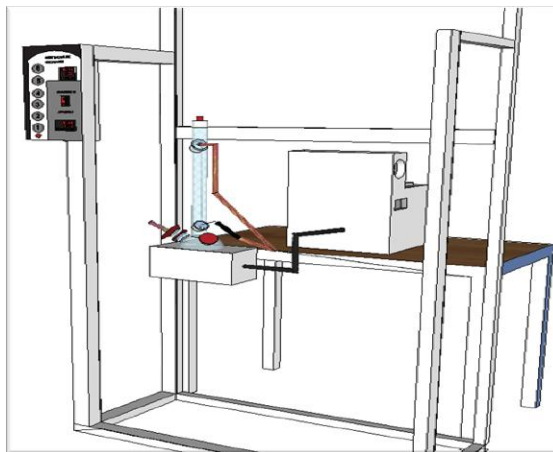
Este equipo se encuentra en la parte centro Noroeste del LOU, se encuentra en un soporte que tiene una altura 2.56 metros, el soporte se divide en dos partes la primera tiene una altura 1.70 metros y la parte restante tiene una altura 0.86 metros, con un ancho de 1.10 metros por 0.50 metros de fondo, cuenta con una pequeña consola que controla el circuito la cual mide 0.40 metros por 0.15 metros y un fondo de 0.15 metros, el sistema de destilación cuenta con una columna de vidrio transparente para la apreciación de la destilación la cual mide 0.80 metros de alto y este se encuentra en una base que mide 0.30 por 0.15 metros y un fondo de 0.45 metros dicha base se encuentra a una altura de .065 metros sobre el nivel del piso, el equipo de destilación está conectado a un sistema de enfriamiento que se encuentra sobre una mesa. Como se muestra en la figura 5.3.

---

<sup>19</sup> Jose Acebedo Sanchez., Primera edición (2003). "**Control Avanzado de Procesos**". España. Díaz de Santos



**Figura 5. 3** Fotografía frontal del equipo de destilación del LOU.



**Figura 5. 4** Virtualización de la columna de destilación de solventes

### 5.1.3 REACTORES BIOLÓGICOS

Tanto los procesos de lodos activados como los sistemas de lagunas aireadas son ampliamente utilizados para el tratamiento de aguas residuales. La principal diferencia entre ellos viene dada por la recirculación de lodos biológicos por biorreactor aireado. En el caso de lagunas aireadas, no existe recirculación de lodos; en cambio, en los sistemas de lodos activados se utiliza un sedimentador secundario que clarifica el agua residual tratada que sale del reactor biológico; con ello, el lodo biológico se sedimenta y concentra en forma tal que cierta cantidad es recirculado hacia el biorreactor; este sistema lógicamente permite mantener altas concentraciones de lodos biológicos (SSV) en el biorreactor. Esto trae como consecuencia que los tiempos de residencia, los tamaños del reactor y las aéreas de construcción sean menos que si se utilizara el sistema de lagunas aireadas<sup>20</sup>.

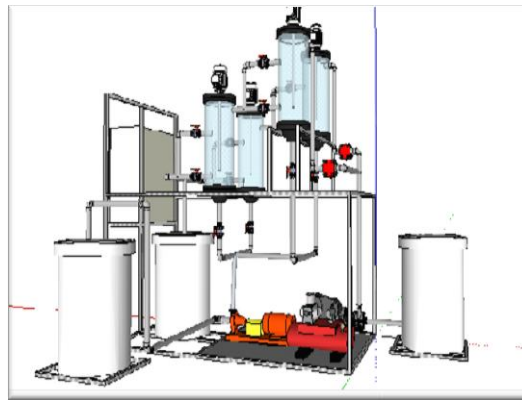
Este equipo se encuentra en la parte centro suroeste y tiene una altura de 1.75 metros, cuenta con 4 rectores llamados reactores biológicos los cuales miden 0.80 metros de largo, el equipo también cuenta con tres tanque o contenedores de agua, cuenta con una bomba de 0.40 metros de longitud, en el equipo también se encuentra de control para el equipo, representada en la figura 5.5 que a continuación se muestra.

---

<sup>20</sup>Sergio A. Martínez D., Primera edición (2005). *“Tratamiento de aguas residuales”*. México Reverté



**Figura 5. 5** Fotografía de los reactores biológicos del LOU



**Figura 5. 6** Virtualización de los reactores biológicos.

#### 5.1.4 MUFLA

Una mufla a combustible técnicamente es un horno para temperaturas elevadas donde la fuente de calor está separada totalmente de la cámara de cocción para que no pueda contaminarse la muestra con los gases de combustión.

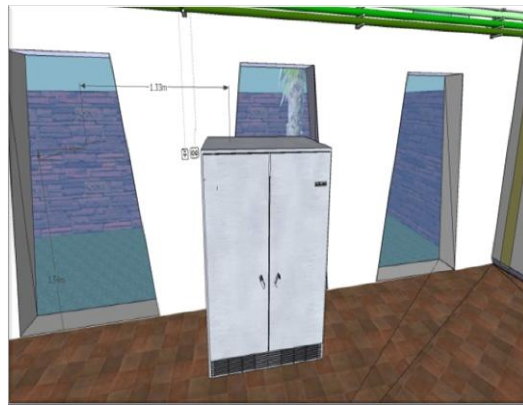
Si la mufla fuera eléctrica se trata de hornos generalmente pequeños con las resistencias calefactoras también ocultas que se usan en laboratorios, talleres pequeños, o para realizar trabajos prácticos.

Mufla es un tipo de estufa para altas temperaturas usada en laboratorios, principalmente de química. Consiste básicamente de una cámara metálica con revestimiento interno feído de material refractario e equipada con resistencias capaces de elevar a temperatura interior a valores encima de 1000 °C.

Este equipo se encuentra en la parte Noroeste del LOU y tiene una altura de 1.50 metros, de ancho 1.30 metros de alto con 1.0 metro de fondo, que a continuación se muestra en la figura 5.7.



**Figura 5. 7** Vista frontal de la mufla del L.O.U.



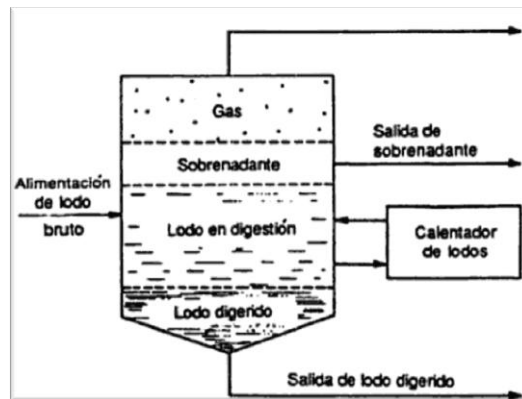
**Figura 5. 8** Vista frontal de la virtualización de la mufla del L.O.U.

### 5.1.5 DIGESTIÓN ANAEROBIA.

Desde hace más de cien años se conoce el hecho de que si se dejan los sólidos sedimentados de las aguas residuales en un tanque cerrado por un tiempo suficiente pasan a tener aspecto líquido y se genera simultáneamente un gas que contiene metano. En 1904 Imhoff obtuvo la patente del diseño de reactores de digestión anaerobia, conocidos como fosas o tanques Imhoff. La gran mayoría de los procesos de digestión de lodos son anaerobios, aunque la digestión aerobia esta popularizándose, especialmente para pequeñas unidades.

Los digestores de lodos anaerobios son normalmente de dos tipos:

- 1) digestores de una etapa.
- 2) digestores de dos etapas. La figura 5.9 representa un digestor de una etapa



**Figura 5. 9** Digestor anaerobio de lodos de una etapa.

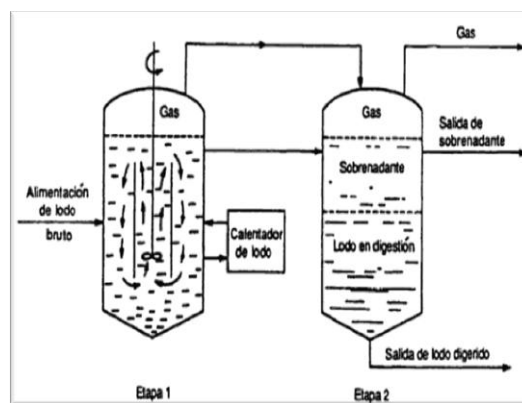
El lodo bruto se introduce en la zona donde hay digestión activa y se está produciendo gas. Al elevarse el gas arrastra partículas de lodos y otras materias (grasas, aceites,...) formando un sobre nadante que se separa del digestor. El lodo digerido se extrae por el fondo del tanque.

El proceso de digestión se favorece por la alta temperatura (normalmente entre 24 y 40° C), lo que exige que el lodo en digestión se caliente mediante serpentín de vapor dentro del reactor, o por medio de un calentador externo de lodos. El gas se recoge por la parte superior del digestor, y se utiliza normalmente como combustible debido a su contenido en metano.

El tiempo de residencia en los procesos de una etapa es alto del orden de 30 a 60 días, aun para digestores calentados. La razón para este tiempo de retención tan largo es el hecho de que, como sugiere la figura 5.9, solamente 1/3 aproximadamente el volumen del tanque se utiliza para digestión activa. Como

resultado de este uso tan pobre de volumen, este proceso no se recomienda para plantas de digestión de lodos con capacidad superior a 4000 m<sup>3</sup>/d.

La Figura 5.10 muestra una unidad típica en dos etapas. El objetivo fundamental de este proceso es conseguir una mejor utilización volumétrica. La primera etapa se usa únicamente para digestión. La segunda sirve como separador sólido-liquido y permite la recolección de gas. El tiempo de retención para la primera etapa es normalmente 10-15 d. solo se calienta la primera etapa. La mezcla se hace en la primera etapa, por medios mecánicos o por recirculación de gas.<sup>21</sup>



**Figura 5. 10** Digestor anaerobio de lodos de doble etapa.

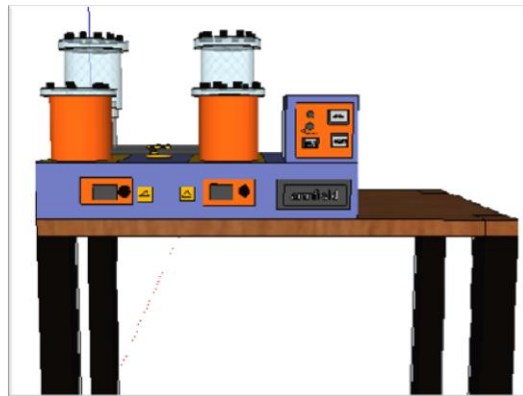
Este equipo se encuentra en la parte norte del L.O.U. y está ubicado sobre una mesa la cual mide 1.0 metro de alto, 1.50 metros de ancho y de fondo 0.80 metros, en este equipo se encuentran 4 reactores los cuales 2 miden 0.20 metros de alto y 0.20 metros de diámetro, los 2 reactores restantes miden 0.40 metros de

<sup>21</sup>Sergio A. Martínez D., Primera edición (2005). *“Tratamiento de aguas residuales”*. México Reverté

alto con un diámetro de 0.20 metros. Como observar en la figura 5.11 fotografía tomada d dicho equipo.



**Figura 5. 11** Fotografía de los reactores anaerobios del L.O.U.



**Figura 5. 12** Virtualización de los reactores biológicos.

### 5.1.6 EXTRACCION LÍQUIDO-LÍQUIDO, LÍQUIDO-SÓLIDO.

La extracción es una operación unitaria de transferencia de materia basada en la disolución de uno o varios de los componentes de una mezcla líquida o que formen parte de un sólido en un disolvente selectivo se hace la distinción entre la extracción sólido líquido y la extracción líquido-líquido según que la materia a extraer este en un sólido o en un líquido, respectivamente. En este caso, obviamente, el disolvente ha de ser inmisible con la fase líquida que contiene el soluto.

#### A).- Extracción líquido-líquido.

La extracción de un componente de una mezcla líquida mediante un disolvente presenta en ocasiones ventajas respecto a efectuar la separación por destilación:

- 1.- las instalaciones son más sencillas
- 2.- Hay la posibilidad de separar componentes sensibles al calor sin necesidad de realizar una destilación al vacío.
- 3.- La selectividad del disolvente para componentes de naturaleza química similar permite separaciones de grupos de componentes, imposible de lograr basándose solo en el punto de ebullición<sup>22</sup>.

Este equipo está ubicado en la parte sureste del L.O.U., se encuentra en una base con altura de 2.80 metros de altura, de ancho mide 1.17 metros y de fondo mide 0.50 metros, dentro de ella se encuentra una base con altura de 0.70 metros con respecto al piso y la cual sujeta a una bomba con 0.40 metros de

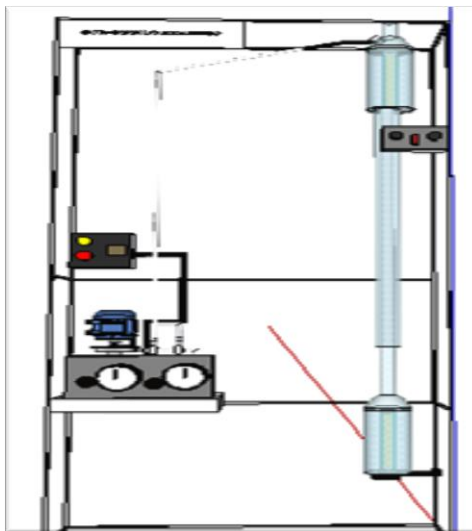
---

<sup>22</sup>J. COSTA LOPEZ., Primera edición (2004). *"Ingeniería química"*. España. Reverté

longitud, también dentro del equipo se encuentra la columna de extracción y tiene una altura de 1.90 metros y esta se ubica a 0.90 metros sobre el nivel del piso. Como podemos apreciar en la figura 5.13.



**Figura 5. 13** Sistema de extracción líquido-líquido del L.O.U.



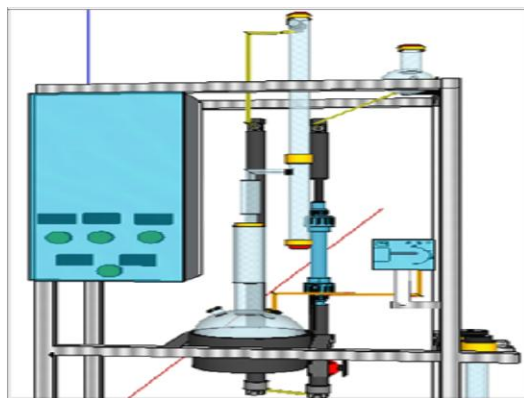
**Figura 5. 14** Vista frontal virtualización equipo de Extracción líquido-líquido.

**B).- Extracción sólido-líquido.**

Esta operación se conoce también por lixiviación, percolación o lavado, según las aplicaciones a las que se la destine si se pretende eliminar un componente no deseado de un sólido se habla de lavado. Si el componente extraído es el valioso se denomina lixiviación. La palabra per colocación se refiere más bien a la forma de operación vertido de un líquido sobre un sólido que al objetivo perseguido, a continuación la Figura 5.15 muestra la fotografía del equipo.



**Figura 5. 15** Sistema de extracción solido-liquido del L.O.U.



**Figura 5. 16** Virtualización del sistema de extracción solido-liquido del L.O.U.

La extracción líquido-líquido se usa mucho a escala industrial, especialmente en la industria del petróleo. Así por ejemplo, la separación de los asfaltos del petróleo se realiza mediante un proceso de extracción con propano a baja temperatura. Puede citarse como ejemplo de extracción solido-liquido la extracción de aceites y grasas animales, el lavado de precipitados, la obtención de extractos de materias vegetales o animales, el proceso de disolución en la obtención del azúcar de Remolach, la Figura 5.17 muestra la fotografía de tal equipo en las instalaciones del L.O.U.



**Figura 5. 17** Sistemas de extracción liquido-líquido y solido-liquido del L.O.U.

## **5.2 PROCESOS UNITARIOS.**

Como anteriormente mencionamos un proceso unitario.- es cualquier operación o serie de operaciones unitarias que provocan un cambio físico o químico a un material o mezcla de materiales en los cuales podemos encontrar en el LOU una serie de equipos que a continuación se están presentado.

### **5.2.1 SISTEMA DE AGUA DESIONIZADA.**

Las columnas de deionización de resina en lecho mixto producen un agua de calidad satisfactoria para reactivos. Existen sistemas comerciales que combinan pre filtración, resina de lecho mixto, carbón activado y cartuchos de filtración final para obtener agua de calidad para reactivos. Se puede prolongar satisfactoriamente la vida media de estos cartuchos destilando el agua introducida o tratando mediante osmosis inversa. Este tipo de agua no se puede almacenar para evitar su contaminación. Los sistemas de desionización tienden a producir un agua de calidad uniforme hasta que las resinas o el carbón activado están casi agotados, momento en el que la calidad desciende bruscamente hasta un nivel inaceptable.

El agua desionizada se controla de forma continua o a diario con un medidor de conductividad, y se analiza al menos una vez al año para descartar la presencia de metales traza. Los cartuchos se sustituirán con la periodicidad que recomienda el fabricante o cuando así lo indiquen los resultados analíticos. El

agua obtenida se hará pasar por un filtro de membrana con poros de 0.22  $\mu\text{m}$  de diámetro para eliminar la contaminación bacteriana.<sup>23</sup>

El agua desionizada es aquella a la cual se le han quitado los cationes, como los de sodio, calcio, hierro, cobre y otros, y aniones como el carbonato, fluoruro, cloruro, etc. mediante un proceso de intercambio iónico. Esto significa que al agua se le han quitado todos los iones excepto el  $\text{H}^+$ , o más rigurosamente  $\text{H}_3\text{O}^+$  y el  $\text{OH}^-$ , pero puede contener pequeñas cantidades de impurezas no iónicas como compuestos orgánicos.

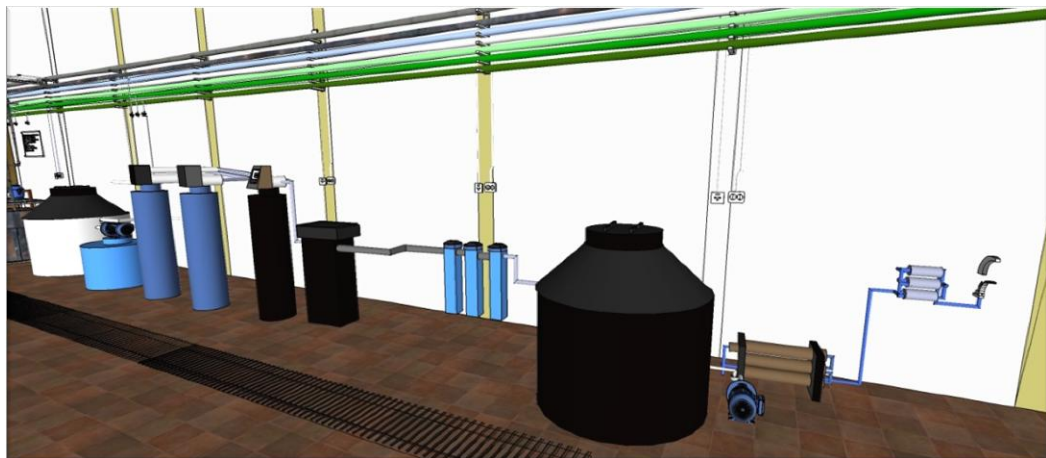
Este equipo se encuentra en la parte Oeste del L.O.U., y cuenta con 2 tanques de agua Rotoplas los cuales tiene una altura de 1.15 metros de alto y un volumen de 450 Litros y una serie de filtros de intercambio iónico, el equipo también cuenta con un tanque que contiene una solución salmuera, lo largo del equipo con todo y tubería es de 9.10 metros, como se puede apreciar en la Figura 5.8, fotografía que representa la imagen de dicho equipo ubicado en las instalaciones del L.O.U.

---

<sup>23</sup>APHA, AWWA, WPCF. Diez y siete edición (1992). ***“Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residuales”***.Madrid España. Díaz de Santos



**Figura 5. 18** Sistema de desionización de agua del LOU. Vista frontal.



**Figura 5. 19** Sistemas de desionización de agua vista frontal vitalizado.

## 5.2.2 DINAMICA DE FLUIDOS

En muchas áreas de ingeniería es extremadamente útil tener un conocimiento apropiado de la mecánica de fluidos. En biomecánica el flujo de sangre y fluido cerebral son de particular interés; en meteorología e ingeniería

oceánica, para entender el movimiento del aire y las corrientes oceánicas, se requiere el conocimiento de la mecánica de fluidos; los ingenieros químicos deben comprender la mecánica de fluidos para diseñar los diferentes equipos de procesamiento químico; los ingenieros aeronáuticos utilizan sus conocimientos de fluidos para incrementar al máximo la fuerza de elevación y reducir al mínimo el retardo de aeronaves y para diseñar motores a reacción; los ingenieros mecánicos diseñan bombas, turbinas, motores de combustión interna, compresores de aire, equipo de aire acondicionado, para el control de la contaminación y plantas eléctricas con base en el conocimiento apropiado de la mecánica de fluidos; y los ingenieros civiles también utilizan los resultados obtenidos en el estudio de mecánica de fluidos para comprender el transporte de sedimentos y la erosión en ríos, la contaminación del aire y agua, y así diseñar sistemas de tuberías, plantas de:

*Tratamiento de aguas residuales, lechos fluidizados, sistemas de control de inundaciones, presas y estadios deportivos cubiertos*<sup>24</sup>.

El término mecánica de fluidos se refiere al estudio del comportamiento de los fluidos, ya sea en reposo o en movimiento. Los fluidos pueden ser líquidos como agua, aceite, gasolina o glicerina o gases como aire, oxígeno, nitrógeno, o helio. El comportamiento de los fluidos afecta nuestra vida cotidiana de muchas maneras.

Cuando usted abre un grifo, el agua le llega a través de un sistema de distribución compuesta de bombas, válvulas y tubos. La fuente del agua puede ser un tanque de almacenamiento, una presa, un río, un lago o un pozo. El flujo del

---

<sup>24</sup>MERLER C POTTER. Tercera edición (2002). **“MECANICA DE FLUIDOS”**. México. Thomson.

agua desde su fuente hasta el grifo está controlado por los principios de la mecánica de fluidos. Estos principios deben entenderse bien con el fin de elegir adecuadamente el tamaño y el tipo de bombas y tubos, para diseñar los tanques de almacenamiento, elegir las válvulas de control de flujo y verificar el desempeño del sistema<sup>25</sup>.

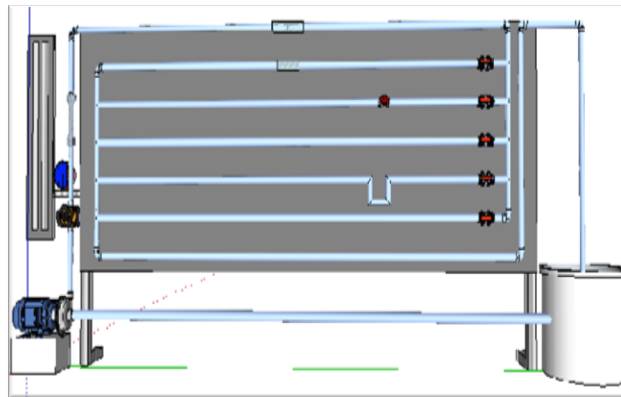
Este equipo se encuentra en la parte sureste del L.O.U., tiene una altura de 1.55 metros y 4.0 metros de largo está conformado por una serie de tuberías, un tanque de almacenamiento, una bomba, dos medidores de nivel y un manómetro, que a continuación se muestra en la Figura 5.20.



**Figura 5. 20** Vista Frontal del equipo de estudio de mecánica de fluidos del L.O.U.

---

<sup>25</sup>ROBERT L. MOTT. Cuarta edición (1996). *"Mecánica de fluidos aplicada"*. México. Prentice Hall.



**Figura 5. 21** Imagen de virtualización del sistema de mecánica de fluidos del L.O.U.

### 5.2.3 FLUIDIZACIÓN LÍQUIDO-SÓLIDO.

Si se hace circular un fluido a través de un lecho de sólidos, con dirección hacia abajo, no tiene lugar ningún movimiento relativo entre las partículas a menos que la orientación inicial de las mismas sea inestable. Si el flujo es laminar, la caída de presión a través del lecho será directamente proporcional a la velocidad de flujo, aumentando más rápidamente a altas velocidades. Si el flujo circula a través del lecho en dirección ascendente, la caída de presión será la misma que en el caso anterior para velocidades bajas, pero cuando la resistencia por rozamiento sobre las partículas sea igual a su peso aparente, estas sufren una reordenación para ofrecer una resistencia menor al desplazamiento del flujo y el lecho empieza a expandirse.

Este proceso continuo al ir aumentado la velocidad, permaneciendo la fuerza debido a la fricción igual al peso de las partículas hasta que el lecho ha adquirido la forma estable más suelta de relleno. Si entonces se aumenta aun más la velocidad, las partículas individuales se separan unas de otras pasando a ser sostenidas libremente por el fluido, diciéndose que el lecho es fluidizado. Posteriores aumentos de las velocidades hacen que las partículas se separen aun mas unas de otras, permitiendo la diferencia de presiones aproximadamente igual al peso por unidad de área del lecho.

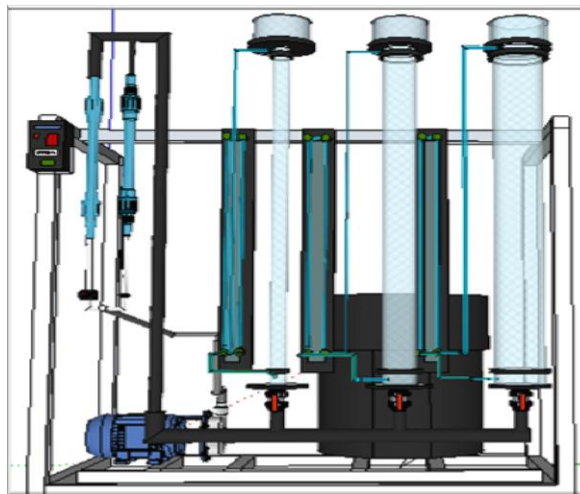
Hasta este momento, el sistema se comporta de manera parecida tanto si el fluido es un líquido como si es un gas, pero a altas velocidades el fluido, cuando la expansión del lecho es considerable, existe una diferencia notable del comportamiento en ambos casos. Con un líquido, el lecho continua expandiéndose al aumentar la velocidad y mantiene su carácter uniforme, con un aumento progresivo del grado de agitación de las partículas. Este tipo de fluidización se denomina fluidización particulada. A valores menores que la unidad, tiene lugar la fluidización particulada pero a valores más altos aparece la fluidización de agregación. Con líquidos se obtiene generalmente valores mucho más bajos del número de FROUDE, ya que la velocidad necesaria para producir la fluidización es menor. Jackson ha proporcionado una justificación teórica de la utilización del número de froude para distinguir entre la fluidización particulada y la fluidización de agregación<sup>26</sup>. Dicho equipo lo podemos observar en la figura 5.22 imagen que representa la fotografía de tal equipo.

---

<sup>26</sup>J. M. COULSON. TerceraEdición (2003). *“Ingeniería química operaciones básicas”*.México. Reverte.



**Figura 5. 22** Sistema de fluidización líquido-sólido del L.O.U.



**Figura 5. 23** Imagen de virtualización del sistema de fluidización líquido-sólido.

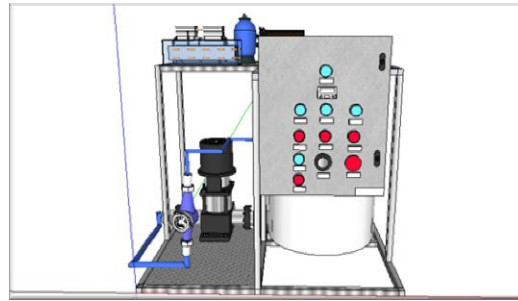
#### 5.2.4 SISTEMAS DE AGUA DE ENFRIAMIENTO.

Los sistemas de agua de enfriamiento son necesarios debido a que los procesos industriales y servicios no trabajan eficientemente o efectivamente a menos que las temperaturas y presiones específicas del proceso sean mantenidas dentro de ciertos parámetros. Los sistemas de agua de enfriamiento mantienen la temperatura y presiones correctas por transferencia de calor y enfriamiento.

En la figura 5.24 se muestra el Sistema de Agua de Enfriamiento del L.O.U. en el cual podemos apreciar que cuenta con un tanque de almacenamiento, un módulo de control, un radiador y un compresor por citar los principales componentes de dicho equipo.



**Figura 5. 24** Fotografía del Sistema de agua de enfriamiento del L.O.U.



**Figura 5. 25** Imagen Virtual del Sistema de agua de enfriamiento.

### 5.2.5 MARMITA

Físicamente las marmitas u ollas de presión son recipientes para el cocido de alimentos, diseñadas con láminas de acero inoxidable de espesor entre 1.5-2 mm, para el aguante de la presión a que estará sometida y que lleva una válvula especial de alivio de presión cuando ésta alcanza valores por encima del límite de fabricación, en el LOU contamos con la presencia de tal recipiente para la ayuda y a complementación de nuestro laboratorio. En la figura 5.26 podemos observar la marmita que se encuentra presente en las instalaciones del L.O.U.



**Figura 5. 26** Fotografía de la Marmita en el LOU

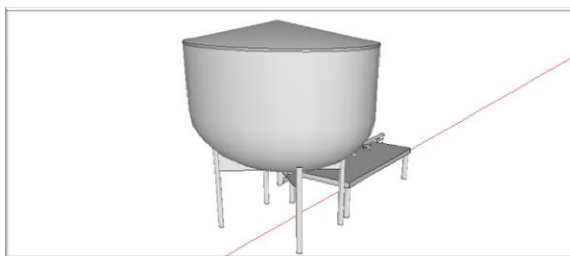


Figura 5. 27 Imagen Virtual de la marmita en el L.O.U.

### 5.2.6 UNIDAD DE FILTRACIÓN



Figura 5. 28 Fotografía de la unidad de filtración del L.O.U.

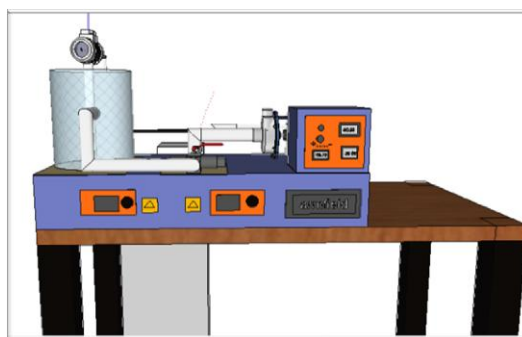


Figura 5. 29 Virtualización del sistema de unidad de filtración del L.O.U.

## **CONCLUSIONES**

En el presente trabajo se emplean los conocimientos de adquirido para cumplir con los objetivos; dado que no existe información de un bosquejo de virtualización en el cual se aprecien datos específicos y puntuales de la perspectiva del Laboratorio de Operaciones Unitarias (L.O.U.).

Se utilizaron las herramientas de diseño para crear un recorrido virtual totalmente probado del L.O.U., el cual tiene cualidades muy buenas de captura, apegado a lo más parecido con que se aprecia en la realidad, ya que no se queda en la simple imaginación de las dimensiones del mismo, sino se puede hacer una exploración concreta a lo que viene a ser la exploración precisa o en su caso conjunta de cada espacio, tanto de la infraestructura externa, infraestructura interna, los equipos contenidos dentro de este, como de los servicios auxiliares y primordiales con los que se cuenta.

Implementando la Ingeniería básica se realizó un diseño, y se desarrollaron soluciones tecnológicas, mediante un software de uso económico, identificando y comprendiendo los obstáculos mas importantes, para proyectar lo mas apegado a la realidad el Laboratorio de Operaciones Unitarias; con esto se depreciaron los obstáculos, tales como recursos disponibles, limitaciones físicas o técnicas, con el fin de obtener flexibilidad, para futuras modificaciones, adiciones y costos estructurales y líneas de servicio, llevando a cabo futuras presentaciones en el momento que se requiera.

Se pusieron en práctica los conocimientos y habilidades técnicas adquiridas durante la formación profesional, así como también se desarrollaron nuevas expectativas de trabajo, siendo que con el desarrollo del presente proyecto se han dado resultados diversos e inesperados, con el crecimiento de la infraestructura de nuestra universidad, se van ampliando las necesidades de nuevos y más amplios recintos para la formación de los ingenieros con más y mejores oportunidades de trabajo, ya que en esta carrera los conocimientos adquiridos no son de mucha utilidad, si no se ponen en práctica.

Otros factores interesantes que se encontraron, fueron los propuestos por el factor de adquisición de equipos de medición y prácticas así como los de remplazo y mantenimiento, ya que con la virtualización del L.O.U. se tiene el dato exacto del espacio donde se acomodan, con la posibilidad y comodidad de reubicarlos, parcial o totalmente.

Cabe aclarar que con la información y material fotográfico de los inicios del Laboratorio de Operaciones Unitarias, antes nombrado como “*Laboratorio Pesado*” proporcionada por el personal responsable y las entrevistas otorgadas, se dio a conocer la ubicación teórica de la transición de los servicios auxiliares del L.O.U. pero con la implementación de la virtualización se conoce, ahora, la ubicación real y flujos de los mismos.

---

---

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- David M. Himmelblau., Sexta Edición (2002). “Principios Básico y Cálculos en ingeniería química”. México. Pearson Educación.
- 2.- [www.ingenieraquimica.org/ingenieria\\_quimica.com](http://www.ingenieraquimica.org/ingenieria_quimica.com)
- 3.- Martha Orozco., Primera edición. “Operaciones Unitarias”. México. Limusa
- 4.- David P. De Witt; Frank P. Incropera., 4 Edición (1999). “Fundamentos De Transferencia de calor”. México. Pearson
- 5.- Silvio José., (2000). “La virtualización De La Universidad”. Caracas Venezuela. Instituto Internacional Para La Educación Superior En América Latina y El Caribe
- 6.- Jensen Cecil., Helsel Jay D., Short Dennis. Sexta edición (2002). “Dibujo y Diseño En Ingeniería”. Mexico. McGraw Hill Latinoamericana.
- 7.- Jensen Cecil., Helsel Jay D., Short Dennis. Sexta edición (2002). “Dibujo y Diseño En Ingeniería”. Mexico. Mc Graw Hill Latinoamericana.
- 8.- Marta Glez. Villarejo. Primera Edición (2010). “Autocad 2010”.Andalucia España. Innova y Cualificación.
- 9.- Bob Martens., Herbert Peter. Primera Edición (2004). “ArchiCAD”. New York. Springerwien.
- 10.- James Vandezande., Phil read., eddy krygiel. PrimeraEdición (2011). “Mastering Autodesk Revit Architecture 2012”. New York. Sibex.
- 11.- Christine Degenhart. PrimeraEdición (2004). “Allpantff”.Alemania.Addison-wesly.
- 12.- Luis Felipe Rodríguez Martin. Primera Edición (2001). “CYPECAD 2000”. MEXICO. CYPE INGENIEROS.

- 13.- Infrastructure, Diccionario Compacto Oxford English.
- 14.- MeliPiralla. Segunda Edición (2008). "DISEÑO ESTRUCTURAL". México. Limusa.
- 15.-[http://cbi.izt.uam.mx/iq/Laboratorio%20de%20Operaciones%20Unitarias/Practic%20Laboratorios/PRACTIC A4.pdf](http://cbi.izt.uam.mx/iq/Laboratorio%20de%20Operaciones%20Unitarias/Practic%20Laboratorios/PRACTIC%20A4.pdf)
- 16.-[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lad/garcia\\_s\\_ac/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/garcia_s_ac/capitulo3.pdf)
- 17.-<http://www.tiempouniversitario.buap.mx/1999/num6/index.html>
- 18.- Jose Acebedo Sanchez., Primera edición (2003). "Control Avanzado de Procesos".España. Díaz de Santos.
- 20.- Sergio A. Martínez D., Primera edición (2005). "Tratamiento de aguas residuales".México Reverté
- 22.- J. COSTA LOPEZ., Primera edición (2004). "Ingeniería química".España. Reverté.
- 23.- APHA, AWWA, WPCF. Diez y siete edición (1992). "Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residuales".Madrid España. Díaz de Santos.
- 24.- MERLER C POTTER. Tercera edición (2002). "MECANICA DE FLUIDOS".México. Thomson.
- 25.- ROBERT L. MOTT. Cuarta edición (1996). "Mecánica de fluidos aplicada".México. Prentice Hall
- 26.- J. M. COULSON. TerceraEdición (2003). "Ingeniería química operaciones básicas".México. Reverte