

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**PLAN DE TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO  
MECATRÓNICO**

**SISTEMA INMÓTICO Y AHORRO DE ENERGÍA LUMÍNICA  
PARA LAS AULAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA  
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**NOMBRES Y APELLIDOS DE TESISISTA: Yair Percy, Rodríguez Lizano**

**CICLO EN EL QUE EGRESÓ: 2017-II**

**CICLO EN EL QUE INGRESÓ: 2002-II**

**DOCENTE ASESOR: Mg. Ing. Ricardo J. Palomares Orihuela**

\_\_\_\_\_  
**FIRMA DEL TESISISTA**

\_\_\_\_\_  
**FIRMA DEL ASESOR**

\_\_\_\_\_  
**V° B° DIRECTOR DE ESCUELA**

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**PLAN DE TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO  
MECATRÓNICO**

**SISTEMA INMÓTICO Y AHORRO DE ENERGÍA LUMÍNICA  
PARA LAS AULAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA  
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**PRESENTADO POR:**

**Yair Percy Rodríguez Lizano**

**Lima – Perú**

**2016**

## ÍNDICE

	Pág.
I.- INTRODUCCIÓN .....	3
1.1. MARCO SITUACIONAL.....	3
1.2. PROBLEMATIZACIÓN.....	7
1.2.1. Problema general.....	9
1.2.2. Problema específico.....	9
1.3. OBJETIVOS.....	10
1.3.1. Objetivo general.....	10
1.3.2. Objetivos específicos.....	10
1.4. IMPORTANCIA.....	10
1.5. METODOLOGÍA.....	11
1.5.1. Diseño de la investigación.....	11
1.5.2. Etapas de la investigación.....	12
1.6. SUMARIO O ESQUEMA .....	12
II.- MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 ANTECEDENTES.....	13
2.2 SOPORTE TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
2.3 ÓPTICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
2.4 SELECCIÓN DE VARIABLES.....	34
III.- MARCO EMPÍRICO.....	35
IV.- ASPECTOS OPERATIVOS.....	39
4.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	39
4.2 ASESORAMIENTO.....	39
4.3 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	40

## **I.- INTRODUCCIÓN**

Desde sus comienzos, el ahorro energético es uno de los principales objetivos de las instalaciones inmóticas. En los últimos años además, ha ido desarrollándose una conciencia social sobre la importancia de ahorrar recursos que, incluso, empieza a plasmarse en leyes nacionales e internacionales.

Por otro lado, una de las claves para tener éxito a la hora de estudiar es disponer de una buena iluminación. Lógicamente, la luz natural es perfecta para este fin, aunque también es importante contar con una iluminación artificial de calidad. En consecuencia, la iluminación en un centro de estudio superior es de gran importancia para los estudiantes y docentes ya sea por su uso necesario a determinadas horas como su gestión cuando no se estén usando.

### **1.1 MARCO SITUACIONAL**

Existen muchas empresas en diferentes países generando gran desarrollo en la domótica e inmótica, pero en el Perú esta tecnología aún se encuentra sin mucho desarrollo en la actualidad. Una de las principales razones es que la mayoría de los profesionales de las carreras afines no se encuentran investigando ni desarrollando temas relacionados a este tipo de tecnología. Debido a la falta de información de esta tecnología, entonces podemos decir que no existe una suficiente cultura domótica en el Perú. No se conoce realmente en qué consiste y se ve como una necesidad superflua, un gasto innecesario o lujoso desde el punto de vista del cliente.

Por otro lado, existe también el problema de desconocimiento de la tecnología, es decir, el cliente se siente incapacitado para manejar aparatos complicados en base a tecnologías demasiado complejas para ellos. Por ende, el desarrollo de la inmótica tiene que ir de la mano con la correcta difusión de esta tecnología.

El Perú tiene la posibilidad de adquirir y desarrollar esta tecnología, si bien se sabe esto significaría una inversión inicial, la calidad de vida del usuario se vería mejorada, incrementando la seguridad, el confort y generando un considerable ahorro.

En la actualidad la Facultad de Ingeniería de la URP cuenta con un sistema de iluminación basado en el uso de fluorescentes, sin embargo, no hay una gestión adecuada del uso de la energía lumínica por parte de estos. Es importante estudiar las causas que expliquen el uso inadecuado del sistema de iluminación con la finalidad de proponer un sistema inmótico de gestión que mejorará su uso y su rentabilidad.

## **1.2 PROBLEMATIZACIÓN**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo diseñar y simular un sistema inmótico y ahorro de energía lumínica para las aulas de la Facultad de Ingeniería de la URP?

### **1.2.2 Problemas específicos**

El presente proyecto tiene como finalidad resolver los siguientes problemas específicos:

- ¿Cómo diseñar y simular un sistema mecánico adecuado para cada aula de la Facultad de Ingeniería de la URP?
- ¿Cómo diseñar y simular un sistema eléctrico adecuado para cada aula de la Facultad de Ingeniería de la URP?
- ¿Cómo diseñar y simular un sistema electrónico adecuado para cada aula de la Facultad de Ingeniería de la URP?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar y simular un sistema inmótico y ahorro de energía lumínica para las aulas de la Facultad de Ingeniería de la URP

### **1.3.2 Objetivos específicos**

La presente tesis tiene como objetivos específicos:

- Diseñar y simular un sistema mecánico adecuado para cada aula de la Facultad de Ingeniería de la URP.
- Diseñar y simular un sistema eléctrico adecuado para cada aula de la Facultad de Ingeniería de la URP.

- Diseñar y simular un sistema electrónico adecuado para cada aula de la Facultad de Ingeniería de la URP.

#### **1.4 IMPORTANCIA**

Las instalaciones inmóticas intervienen de forma muy activa y directa en el ahorro energético de los edificios, ya que supervisan constantemente la necesidad y la cantidad de energía que hace falta limitando el consumo sin restar funcionalidad ni confort a las instalaciones. Esto es lo que se requiere para gestionar correctamente la Facultad de Ingeniería de la URP dándonos como resultado un impulso para el desarrollo tecnológico en el Perú.

#### **1.5 METODOLOGIA**

El presente proyecto de tesis será una investigación científica aplicada en sector educación, utilizando las tecnologías básicas ya existentes para la desarrollo de un sistema inmótico; lo cual implica un ahorro de energía.

##### **Temporal.**

El estudio es de tipo longitudinal, y se realizará entre los meses de agosto y diciembre del 2016.

##### **Espacial.**

La investigación y desarrollo del prototipo será realizado en el domicilio del tesista y en las instalaciones de la Universidad Ricardo Palma.

##### **1.5.1 Diseño de la investigación**

Este proyecto es aplicativo en el campo de la educación, por lo que los resultados serán obtenidos mediante el diseño e implementación del sistema inmótico. El diseño del mismo irá modificándose en el transcurso de la simulación hasta lograr satisfacer las necesidades de los alumnos de la Facultad de Ingeniería de la URP.

### **1.5.2 Etapas de la investigación**

La investigación se hará siguiendo el siguiente orden:

- a. Selección de los componentes sensórico del sistema.
- b. Selección de los actuadores del sistema.
- c. Diseño del sistema de control de seguridad y de iluminación.
- d. Desarrollo de la interfaz gráfica virtual.

### **1.6 SUMARIO O ESQUEMA**

- I) Portada
- II) Dedicatoria
- III) Índice
- IV) Prólogo
- V) Resumen
- VI) Abstract
- VII) Capítulo I  
Descripción y planteamiento de la investigación
- VIII) Capítulo II  
Marco Teórico
- IX) Capítulo III  
Diseño e implementación del Sistema
- X) Capítulo IV  
Resultados obtenidos
- XI) Conclusiones
- XII) Recomendaciones
- XIII) Referencias bibliográficas
- XIV) Anexos

## II.- MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES

A continuación se presentarán estudios de los aportes más importantes necesarios para esta investigación, basados en sistemas inmóticos enfocados en el ahorro energético.

- Rodríguez, W. (2012). Proyecto de Tesis para optar el título de ingeniero electrónico: “Sistema de control domótico utilizando una central IP PBX basado en software libre”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, en donde se plantea una solución enfocada a brindarle una interoperabilidad al usuario resolviendo los problemas de la incompatibilidad que es generada debido a los diferentes estándares y protocolos que existen en la actualidad, la falta de cultura domótica en el Perú, y los costos muy elevados de controladores que permiten el acceso remoto al sistema. (p.2)
- Fernández, M. (2012). Tesis para optar el grado Bachiller: “Instalación eléctrica y domótica para una vivienda unifamiliar”. Universidad de la Rioja, España, en donde se expone un estudio general de la domótica actual y los diversos sistemas utilizados en el mercado para conseguir los conocimientos necesarios para esta investigación. (p.4)
- Fiestas, B. (2011). Tesis para optar el grado de Magister: “Ahorro energético en el sistema eléctrico de la Universidad de Piura”, Perú, en donde aborda los puntos como qué es el ahorro energético, cómo se puede ahorrar energía, qué es la gestión tarifaria y otros más, además, desarrollar una auditoría energética al Campus Piura de la Universidad de Piura mediante un análisis tanto energético como tarifario, y por último, una evaluación económica de las recomendaciones técnicas antes indicadas. (p.9)



## 2.2 SOPORTE TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.2.1 Sistema domótico e Inmótico

Se entiende por domótica a la integración de la tecnología en el diseño inteligente de un recinto. La domótica es una alta tecnología aplicable fundamentalmente a las viviendas (casa, departamentos, etc.) que permite dotar a las mismas de un sistema inteligente de gestión y control, tal como se aprecia en la Figura 1.

La domótica facilita la gestión integrada de los diferentes dispositivos del hogar: la iluminación, los toldos y persianas, la calefacción, el aire acondicionado, los sistemas de riego, los sistemas de seguridad, etc. Mediante una consola portátil o incluso con el mando de la televisión, podrá controlar todo el sistema domótico cómodamente desde su sofá. O si lo prefiere, también podrá hacerlo desde el ordenador de su oficina a través de Internet, o desde la entrada de su casa con el vídeo portero, o desde cualquier lugar con su móvil o portátil. (CEDOM, 2008, p.11)



Figura 1. Sistema Domótico

#### 2.2.1.1 Sensores y Actuadores

Los sensores o receptores, son elementos que reciben información del entorno del sistema. Por ejemplo variables atmosféricas e intensidad luminosa. De la misma manera, pueden recoger información de las actividades que el usuario u otras personas en

el entorno realizan, como por ejemplo entrar a un ambiente o cuarto, prender algún aparato, tal como se aprecia en la Figura 2.



Figura 2. Sensor de ultrasonido

Los actuadores son elementos que reciben órdenes de activarse o desactivarse. Realizan acciones que permiten cambiar el ambiente o entorno del sistema domótico. (Serrano, 2012, p.12-18)

### **2.2.2 Ahorro energético**

El ahorro energético es la gestión adecuada del consumo de los diferentes tipos de energía. El objetivo del ahorro energético como su mismo nombre lo dice es ahorrar energía, lo cual se puede realizar de dos maneras: disminuyendo la potencia consumida por el utilizador o disminuir su tiempo de trabajo.

El ahorrar energía trae de manera inherente dos ventajas: disminuir la emisión de los gases de efecto invernadero y disminuir los costos por consumo de energía. (Fiestas, 2011, p4)

### **2.2.3 Medios de Comunicación**

Distintas soluciones se han desarrollado por empresas líderes, para lograr una interoperabilidad entre los diferentes dispositivos domóticos. Podemos diferenciar tres principales enfoques relacionados a la comunicación con los dispositivos domóticos, que se explicarán a continuación:

El primer enfoque se desarrolla sobre la instalación de una red alámbrica específica y separada. Existen distintos estándares que buscan tener un reconocimiento global como por ejemplo el estándar abierto Konnex desarrollado mayormente en Europa, tiene un gran auge y expansión a nivel global, sin embargo hasta ahora ningún protocolo es totalmente reconocido a nivel global. Dentro de este enfoque podemos encontrar los protocolos: X10, CEBus, HBS, EIB, EHS, BatiBus. Los tres últimos desarrollados bajo el estándar Konnex.

Un segundo enfoque usado actualmente es el uso de los métodos de conexión alámbrica usando las líneas de alimentación o de teléfonos. Uno de los protocolos más usados en este enfoque es el X10. Sin embargo, estas soluciones tienen la desventaja de presentar mucho ruido.

Un tercer y último enfoque es el desarrollo de tecnologías inalámbricas como radiofrecuencia, WiFi, Zigbee, Bluetooth; usados mayormente para comunicaciones entre distancias mayores y donde sea necesario evitar el cableado.

Tabla 1. Comparación entre protocolos de comunicación

	ZIGBEE	WIFI	BLUETOOTH	W-USB	X10
Frecuencia	2.4 GHz/868 MHz/915 MHz	2.4 GHz/ 5 GHz	2.4 GHz	3.1 GHz~10.6 GHz	310 Mhz/ 433Mhz
Ancho de banda	20/40/250 Kbit/s	11-108 Mbit/s	1-3 Mbit/s	480 Mbit/s (3 m),	60bps en USA
Cobertura	1-75 m	20-250 m	1-100 m	3-10 m	max 185m2
Modulación	DQPSK	DSSS-DBPSK-DQPSK-CCK-OFDM	GFSK	MB-OFDM	PLC
Estandar	802.15.4	802.11	802.15.1	-	-
Consumo de potencia	30ma transmitiendo 3ma en reposo	400ma transmitiendo y 20ma en reposo	40ma transmitiendo y 0.2ma en reposo		Menos de 2 W
Ventajas	Batería de larga duración, bajo coste, bajo consumo de energía.	Gran ancho de banda, protección contra interferencias.	Interoperatividad, sustituto del cable. Consumo de bajo de corriente.	Asequible en precios, adecuado para accesorios de PCs.	Uso de la instalación eléctrica, bajo coste de instalación.
Aplicaciones	Control remoto, productos dependientes de la batería, sensores, juguetería.	Navegar por Internet, redes de ordenadores, transferencia de ficheros .	Wireless USB, móviles, informática casera .	Mandos de videoconsola, impresoras, escáners, cámaras digitales, reproductores MP3, discos duros y flash, entre otros.	Control remoto y aplicaciones hogareñas, intensidad de luz, on/off de dispositivos, (lamparas, alarmas, accesorios).
Memoria	32-60KB	+ 100KB	+ 100KB	---	---
Conexión	En malla, punto a punto o punto a multipunto	Punto a multipunto	Punto a multipunto	Punto a punto	Punto a multipunto, punto a punto
Desventajas	Muy baja velocidad, tecnología en fase de lanzamiento.	Interferencias. Difícil configuración.	Difícil configuración y puesta en marcha, costos elevados.	Necesita un host que controle la conexión. Distancia entre dispositivos limitada	Protocolo algo lento, tarda 3/4 seg en, enviar un comando.

Fuente: Sistema de control domótico utilizando una central IP PBX basado en software libre. (Rodríguez, W., 2012, p. 12)

#### 2.2.4 DALI

La interfaz de iluminación con direccionamiento digital (DALI) un estándar de interfaz no sometido a régimen privado para equipos de control electrónico regulables, fue diseñado por los principales fabricantes de equipos de conexión electrónicos (ECE) con el fin de garantizar un estándar unificado en la industria de la iluminación. DALI no hace referencia a un sistema de iluminación, sino que hace referencia al estándar de comunicación entre un controlador y los equipos de conexión electrónicos, y por tanto, está incluido como apéndice E4 en la norma de equipos de conexión electrónicos IEC 62386. Por ello la compatibilidad de ECE de diferentes fabricantes está garantizada. (DALI, 2016).

DALI es una interfaz común para todos los componentes que nos permite controlar toda iluminación de manera digital, tal como se aprecia en la Figura 3. Con este sistema de control profesional de iluminación podemos:

- Encendidos, apagados y regulación.
- Automatización de la iluminación
- Regulación de luxes
- Temporizados
- Escenarios de iluminación



Figura 3. Tecnología Domótica DALI.

Principales ventajas:

### 1) Instalación sencilla

DALI se instala utilizando el material estándar para tensión de red. Línea de cinco cables, de los cuales, dos, se utilizarán como circuito de control DALI, en el cual no tendremos que preocuparnos por la polaridad. Ver Figura 4.

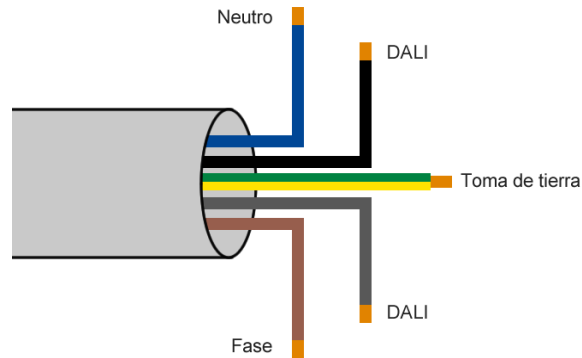


Figura 4. Cables de conexión del DALI.

### 2) Diseño sencillo y versátil de la red

Cada ECE en DALI puede direccionarse individualmente en formato digital, pueden ser asignados a más de un grupo al mismo tiempo, pueden almacenar diferentes estados y niveles de iluminación, pueden incluso llegar a apagar y encender el sistema completamente sin necesidad de relés de conmutación externos. También es posible la realimentación del sistema con mensajes individuales para cada ECE.

### 3) Menos componentes

No se necesitan relés para conmutar las luminarias. La conmutación y la regulación se gestionan exclusivamente a través de la línea de control.

### 4) Cambios sincronizados

DALI cambia de una escena lumínica a otra con sincronismo. Incluso en el caso de que haya diferentes luminarias que arranquen con valores de regulación diferentes, o si se combinan diferentes tipos de lámparas entre sí. Todas las fuentes de luz alcanzan el nuevo valor de luz al mismo tiempo.

### 5) Integración en sistemas inteligentes

Las instalaciones DALI pueden ser integradas fácilmente en los sistemas existentes de automatización de edificios, o bien ser incluidas en los

planos de nuevas edificaciones. La iluminación con optimización de energía supone una mejora del concepto de “edificio verde” y la iluminación puede controlarse fácilmente también a nivel individual, tal como se aprecia en la Figura 5.

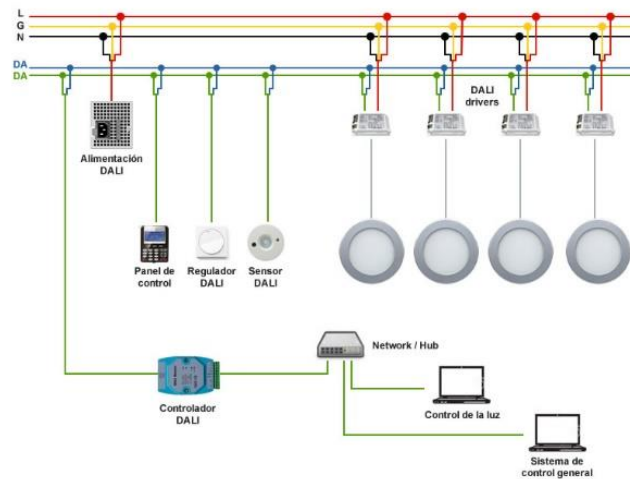


Figura 5. Esquema de conexión básica de un DALI.

## 2.3 OPTICA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de tesis, en función al problema detectado y en orden de cumplir los objetivos generales y específicos, plantea las siguientes hipótesis.

### 2.3.1 Hipótesis general

Es posible el diseño y simulación de un sistema inmótico y ahorro de energía lumínica para las aulas de la Facultad de Ingeniería de la URP.

### 2.3.2 Hipótesis específicas

- Es posible diseñar y simular un sistema mecánico adecuado para cada aula de la Facultad de Ingeniería de la URP.
- Es posible diseñar y simular un sistema eléctrico adecuado para cada aula de la Facultad de Ingeniería de la URP.
- Es posible diseñar y simular un sistema electrónico adecuado para cada aula de la Facultad de Ingeniería de la URP.

## 2.4 SELECCIÓN DE VARIABLES

En este proyecto de tesis, con el fin de realizar la comprobación de la hipótesis, se definirán variables, las cuales serán observadas, analizadas y manipuladas para lograr alcanzar los objetivos planteados.

a. Variable W = Sistema inmótico.

Indicadores:

- Número de sensores
- Número de actuadores

b. Variable Y = Ahorro de energía.

Indicadores:

- Kilovatios-hora

## 2.4 SELECCIÓN DE VARIABLES

### III.- MARCO EMPÍRICO

Para esta investigación se empleará como instrumento técnico científico el software Solidworks.

### SOLIDWORKS

SolidWorks es un software de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, intuitivo y fácil de manejar, tal como se aprecia en la Figura 6.

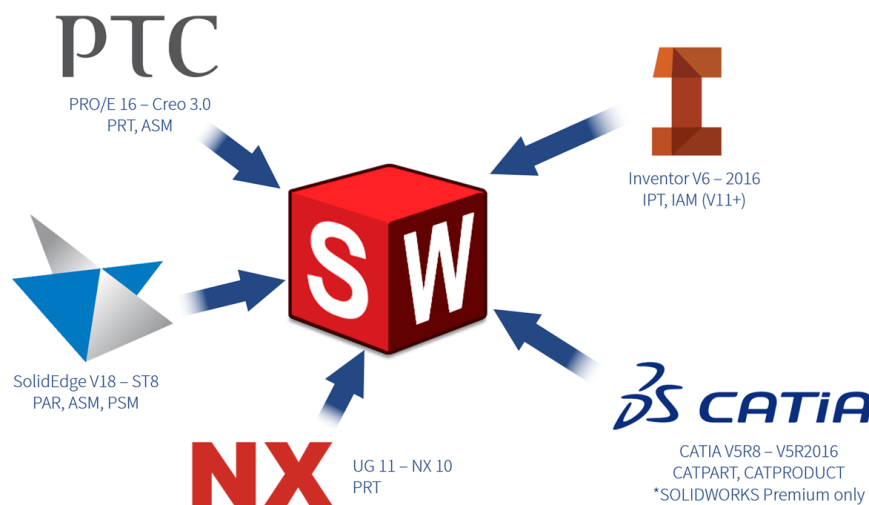


Figura N° 6. Software SOLIDWORKS

Su aplicación está enfocada a diseño de producto, diseño mecánico, ensambles, y dibujos para taller a través de sus disciplinas, tal como se aprecia en la Figura 7.

- CAD en 3D
- Diseño Eléctrico
- Simulación
- SOLIDWORKS 3DEXPERIENCE

Asimismo Solidworks brinda soluciones por sectores cubriendo todos los aspectos del desarrollo de productos con flujos de trabajo integrados que abarcan el diseño, la verificación, la sostenibilidad, la comunicación y la gestión de datos para que los productos lleguen al mercado rápidamente.(DASSAULT, 2017, Soluciones por Sector)

Las soluciones de desarrollo de productos de SOLIDWORKS pueden acelerar los sistemas mecánicos y eléctricos complejos de diseño y verificar la resistencia, durabilidad y rendimiento para superar a sus competidores al crear mejores máquinas a un coste inferior. Siendo sus principales aplicaciones:

- Diseño mecánico
- Diseño eléctrico
- Análisis y verificación de diseño
- Colaboración y gestión de datos
- Comunicación técnica

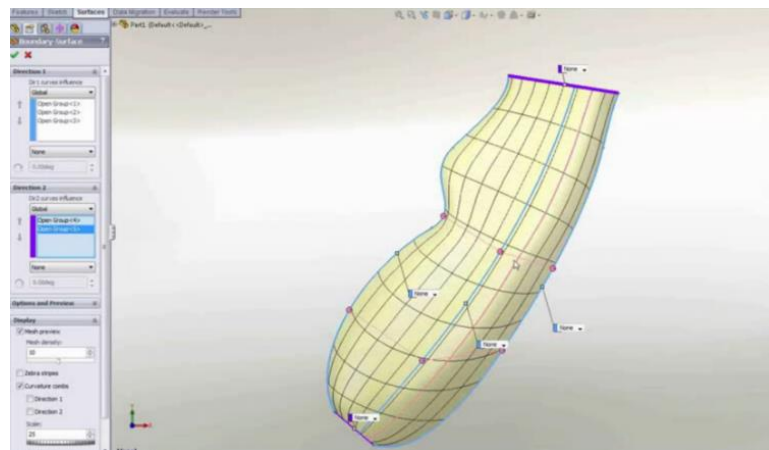


Figura N° 7. Aplicación de SOLIDWORKS para el Diseño Mecánico



## IV.- ASPECTO OPERATIVOS

### 4.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

PROYECTO DE TESIS							
TITULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO INDUSTRIAL DE SELECCIÓN POR COLORIMETRÍA PARA LA QUINUA BLANCA UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL							
ACTIVIDADES Y TAREAS	AÑO	MESES					
		JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2016	X					
2. ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO	2016	X					
3. SELECCIÓN DE LOS SENSORES Y ACTUADORES	2016	X	X	X			
4. DISEÑO DEL PROGRAMA SIMULADOR	2016		X	X			
5. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA	2016		X	X			
6. DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LAS PLACAS ELECTRÓNICAS	2016			X	X		
7. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	2016			X	X		
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS	2016			X	X	X	
9. EDICIÓN DEL TRABAJO	2016			X	X	X	
10. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS Y SUSTENTACIÓN	2016						X

### 4.2 ASESORAMIENTO

La elaboración de este trabajo de investigación será realizado bajo el asesoramiento del Mg. Ing. Ricardo John Palomares Orihuela, docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma, que cuenta con conocimientos y experiencia en el campo de la Robótica y la Automatización.

### 4.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

- Bustinza, W. (2012). *Sistema de control domótico utilizando una central IP PBX basado en software libre* (Tesis Bachiller). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

- Fernández, M. (2012). *Instalación eléctrica y domótica para una vivienda unifamiliar* (Tesis Bachiller). Universidad de la Rioja, España.
- Fiestas, B. (2011). *Ahorro energético en el sistema eléctrico de la Universidad de Piura* (Tesis Bachiller). Universidad de Piura, Perú.
- DALI (2016). *DALI-ag.org*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2016, de <http://www.dali-ag.org/discover-dali.html>.