



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DUCHA DE INDUCCIÓN

Autores:

Oscar Fernando Loayza Collaguazo

Mauricio Eduardo Mullo Pallo

Tutor:

Dr. Secundino Marrero Ramírez

Latacunga – Ecuador

2017



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) por cuanto, los postulantes: **Loayza Collaguazo Oscar Fernando y Mullo Pallo Mauricio Eduardo** con el título de Proyecto de Investigación: “ **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INDUCCIÓN** ” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Febrero de 2017

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Mg. Xavier Proaño

CC: 050265642-4

Lector 2

Ing. Mg. Franklin Vásquez

CC: 171043449-7

Lector 3

Ing. Mg. Franklin Medina

CC:050125961-8



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **Loayza Collaguazo Oscar Fernando** y **Mullo Pallo Mauricio Eduardo** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DUCHA DE INDUCCIÓN**”, siendo **Dr. Secundino Marrero Ramírez** director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Loayza Collaguazo Oscar Fernando

C.I. 172317311-6

Mullo Pallo Mauricio Eduardo

C.I. 050375518-3




AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DUCHA DE INDUCCIÓN”, de **Loayza Collaguazo Oscar Fernando y Mullo Pallo Mauricio Eduardo**, de la carrera de **Ingeniería Eléctrica**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero, 2017

El Tutor



Dr. Secundino Marrero Ramírez

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios que me dio unos maravillosos padres que han sido mi inspiración y mi ejemplo para seguir adelante tanto en mi formación académica como en vida, me enseñaron a siempre seguir adelante sin importar las adversidades y riegos, siempre estuvieron ahí cuando los necesite de igual manera a mis hermanos los cuales me han apoyado a seguir adelante sin importar lo que acontezca siendo así inspiración para culminar con este proyecto que comenzó con un sueño el cual se hizo realidad.

Y un agradecimiento especial a nuestro tutor Secundino Marrero Ramírez el cual nos apoyó en el transcurso de todo nuestro proyecto al igual que mi compañero Mauricio Mullo que fue esencial para culminar este proyecto con éxito y finalmente como no agradecer a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI la cual fue la una gran fuente de conocimiento, experiencias y nos brindó la oportunidad de superarnos en todo aspecto de nuestra vida.

OSCAR

AGRADECIMIENTO

Primero y como más importante, me gustaría agradecer a Dios el cual me dio la fortuna de tener unos padres maravillosos quienes nunca han dejado de apoyarme, este proyecto es resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos el grupo de trabajo. Por esto agradezco a nuestro tutor, Secundino Marrero Ramírez a mi compañero Oscar Loayza, quienes a lo largo de este tiempo, desarrollamos nuestro proyecto, el cual ha finalizado llenando todas nuestras expectativas. A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado y motivado mi formación académica, los cuales creyeron en mí en todo momento y nunca dudaron de mis habilidades.

Finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa Universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro y formándonos como personas de bien.

MAURICIO

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres Luis Fernando Loayza. R y María Magdalena Collaguazo. H , los cuales se esforzaron para darme la oportunidad de ser una mejor persona y un gran profesional también dedico este proyecto a mi familia los cuales depositaron muchas esperanzas dentro de toda mi formación profesional.

OSCAR

DEDICATORIA

Dedico este Proyecto de Investigación de manera muy especial a mi madre Priscila Pallo pues ella fue el pilar fundamental para culminar mis estudios, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar por sus virtudes infinitas y su gran corazón por lo cual me lleva a admirarla cada día más, a mi padre Eduardo Mullo de igual manera quien me ha sabido formar como un hombre de bien, a ellos quienes han velado el bienestar y educación mía y de mis hermanos , siendo un apoyo incondicional en todo momento, depositando su eterna confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

MAURICIO

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	III
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
TITULO	1
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
AVAL DE TRADUCCIÓN	3
1. INFORMACIÓN GENERAL	4
Título del Proyecto:.....	4
Fecha de inicio:	4
Fecha de finalización:.....	4
Lugar de ejecución:	4
Unidad Académica que auspicia	4
Carrera que auspicia:.....	4
Proyecto de investigación vinculado:.....	4
Equipo de Trabajo:.....	4
Coordinadores del Proyecto:	4
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	6
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	6
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	7
Beneficiarios Directos:.....	7
Beneficiarios Indirectos:	7
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	7
6. OBJETIVOS:	8

Objetivo General	8
Objetivos Específicos	8
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	8
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	9
Análisis de la Inducción:	9
Ducha eléctrica.....	11
Descripción de los sistemas electrónicos usados para el calentamiento por inducción.	11
Clasificación de los inversores resonantes	12
Inversor de terminación única (SE).....	12
Inversor resonante serie de puente completo	12
Inversor resonante serie de medio puente	13
Convertor AC/AC.....	13
Circuitería de conmutación	14
Tipos de tanques resonantes	14
Generación de armónicos	15
Calentamiento por inducción	15
Viviendas Unifamiliares.....	17
Consumo de agua en viviendas unifamiliares	18
Temperaturas de aguas salientes sanitarias (ACS).....	19
9. HIPÓTESIS:.....	19
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL:.....	20
Métodos generales.....	20
Métodos Científico.....	20
Métodos Específicos	20
Método Hipotético Deductivo.....	20
Método Histórico	20
Método Documental.....	20
Método Descriptivo.....	20
Técnicas.....	21
Lectura comprensiva	21
Modelamiento	21
Interpretación de información	21
Sintetizar de información	21
Experimentación de exploración.....	22

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:.....	22
Construcción del prototipo “Circuito resonante”	22
Circuitería de conmutación	23
Selección de frecuencia.....	23
Tanque resonante	23
Construcción del prototipo “Trasformador”.....	25
Construcción del prototipo “Modulo de inducción”	28
Diseño del prototipo.....	28
Diagramas de las placas	29
Código de programación	31
Descripción de los elementos utilizados	38
Detalle de funcionamiento del prototipo.....	42
Condiciones de funcionamiento.....	43
Pruebas del prototipo.	44
Calculo del TIR y VAN	48
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):.....	49
Técnicos	49
Sociales	50
Ambientales.....	50
Económicos	50
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:.....	50
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
Conclusiones.	51
Recomendaciones.....	52
15. BIBLIOGRAFÍA.....	53
16. ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistemas de tarea en relación a los objetivos planteados.	8
Tabla 2.Comparación de circuitos de conmutación.....	14
Tabla 3.Temperaturas y consumo en aparatos sanitarios.	19
Tabla 4.Bandas de frecuencia definidas para el calentamiento por inducción.....	23
Tabla 5.Tabla de análisis del prototipo circuito resonante.	25
Tabla 6.Tabla de análisis del prototipo transformador.....	27

Tabla 7. Condiciones Establecidas para las pruebas de la Ducha Eléctrica y Prototipo de Inducción	44
Tabla 8.Eficiencia entre Ducha Eléctrica (D.E) y el Prototipo de Inducción (P.I)	46
Tabla 9.Parametros eléctricos y económicos entre el prototipo de Inducción (P.I) y la Ducha Eléctrica (D.E).....	47
Tabla 10.Calculo del TIR y VAN a un ahorro anual de 41.75 dólares.	48
Tabla 11.Calculo del TIR y VAN a un ahorro anual de 10.23 dólares.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Principio de la inducción magnética	10
Figura 2.Calentadores de punto	11
Figura 3.Inversor de terminación Única	12
Figura 4.Inversor Resonante serie de puente completo	12
Figura 5.Inversor resonante serie de medio puente	13
Figura 6.Conversor AC/AC	14
Figura 7.Bobina de inducción Espiral	15
Figura 8.Inducida densidad de corriente en una placa de cobre en 10 Hz.	16
Figura 9.Geometría de un modelo de calentador de inducción en línea.	17
Figura 10.Tiempo empleado para bañarse según regiones naturales.	19
Figura 11.PICKIT 2.....	24
Figura 12.Circuito resonante.	24
Figura 13.Prueba del circuito de Potencia.	26
Figura 14. Módulo de inducción de potencia 5.5 kW.	28
Figura 15.Diagrama de la placa de control realizada en Proteus.....	30
Figura 16.Diagrama de la fuente de alimentación realizada en Proteus.....	30
Figura 17.Diagrama de la placa del sistema Control de Fase realizada en Proteus.	31
Figura 18.Simulación del funcionamiento del circuito con una potencia electrica de 40%.....	36
Figura 19.Simulación del funcionamiento del circuito con una potencia electrica de 82%.....	36
Figura 20.Simulación de temperatura elevada realizado en Proteus.	37
Figura 21.Falta de caudal representada en variables.	37
Figura 22.Componentes de la placa de control.....	38
Figura 23.Componentes de la placa de control de Fase	39
Figura 24.Fuente de alimentación	39

Figura 25. Termistor (8) y Sensor LM35 (9).....	40
Figura 26. Puente de WIEN.....	40
Figura 27. Sensor de Caudal YF- S201	41
Figura 28. Parte interna del prototipo de la ducha de inducción.	41
Figura 29. Parte externa del prototipo de la ducha de inducción.	42
Figura 30. Pantalla de reposo del Prototipo.....	42
Figura 31. Pantalla de inicio del prototipo.	43
Figura 32. Pantalla de inicio del prototipo.	46
Figura 33. modelo.....	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Circuitos de control utilizado “Circuito resonante”
ANEXO 2. Código del pic 16F877A utilizado “Circuito resonante”
ANEXO 3. Construcción del prototipo “Circuito resonante”
ANEXO 4. Construcción del prototipo “Trasformador”
ANEXO 5. Parámetros eléctricos de la prueba 1 a la ducha eléctrica.
ANEXO 6. Parámetros eléctricos de la prueba 1 al prototipo
ANEXO 7. Parámetros eléctricos de la prueba 2 a la ducha eléctrica.
ANEXO 8. Parámetros eléctricos de la prueba 2 al prototipo
ANEXO 9. Parámetros eléctricos de la prueba 3 a la ducha eléctrica.
ANEXO 10. Parámetros eléctricos de la prueba 3 al prototipo
ANEXO 11. Parámetros eléctricos de la prueba 4 a la ducha eléctrica.
ANEXO 12. Parámetros eléctricos de la prueba 4 al prototipo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS (CIYA)

TITULO: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DUCHA DE INDUCCIÓN”

Autores:

LOAYZA COLLAGUAZO OSCAR FERNANDO

MULLO PALLO MAURICIO EDUARDO

RESUMEN

El diseño y construcción del prototipo de inducción fue pensado como una idea para reemplazar equipos que utilizan gas como combustible para generar calor dentro del calentamiento de agua en duchas como son los calefones que funcionan a base de GLP y duchas eléctricas que tienen un alto consumo de energía eléctrica. La construcción del sistema de inducción se realizó con la ayuda de elementos electrónicos, principios de electrónica de potencia y fundamentos de inducción aplicados a sistemas de transformación, el principio de funcionamiento del prototipo se basa en crear un campo magnético alrededor de una tubería por donde pasará agua hacia la regadera. El proyecto se basó en un conjunto de metodologías para garantizar su funcionamiento, se realizó tres prototipos siendo el tercero el seleccionado dicho prototipo presentó los parámetros necesarios para el cumplimiento de los objetivos propuestos el cual se detalló en el presente proyecto. El sistema consta de dos partes fundamentales, teniendo así el sistema de control en donde se utilizó un PIC 877A en el cual planteamos las condiciones necesarias para que nuestro prototipo funcione correctamente y un circuito de potencia en donde se aplicó un sistema de control de fase con lo que controlamos la potencia que llega al módulo de inducción donde se realizó el calentamiento del agua, obteniendo temperaturas de hasta 54° C, siendo seleccionada la temperatura de trabajo a 35°C. El prototipo fue sometido a pruebas comparativas con sistemas tradicionales de calentamiento de agua como son calefones eléctricos, calefones a gas y duchas eléctricas donde el prototipo presentado brindó un mejor nivel de eficiencia térmica con valores superiores al 85% además de una eficiencia eléctrica generando así un ahorro económico.

Palabras claves: Inducción, PIC, Eficiencia, Convencionales

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**SCIENCE AND ENGINEERING APPLIED ACADEMIC UNIT****TOPIC: "DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN INDUCTION SHOWER"****Authors:**

Loayza Collaguazo Oscar Fernando

Mullo Pallo Mauricio Eduardo

ABSTRACT

The design and construction of the prototype of induction was thought as an idea to replace equipment that uses gas as fuel to generate heat inside the water heating in showers like LPG-based water heaters and electric showers that have a high consumption of electric power. The construction of the induction system was done with the help of electronic elements, power electronics principles and induction fundamentals applied to transformation systems, the principle of model operation is based on creating a magnetic field around a pipe where it will pass Water to the shower. The project was based on a set of methodologies to ensure its operation, three prototypes were made and the third one was selected. The prototype presented all of the necessary parameters for the fulfillment objectives given, which was detailed in the present project. The system consists of two fundamental parts, thus having the control system where a PIC 877A was used in which we proposed the necessary conditions for our prototype to work correctly and a power circuit where a phase control system was applied with Which controls the power that reaches the induction module where the water was heated, obtaining temperatures up to 54 ° C, the working temperature being selected at 35 ° C. The prototype was subjected to comparative tests with traditional water heating systems such as electric water heaters, gas heaters and electric showers where the prototype presented provided a better level of thermal efficiency with values higher than 85% in addition to an electrical efficiency generating an Economic saving.

Keywords: Induction, PIC, Efficiency, Conventional

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de docente del idioma inglés del centro cultural de idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que la traducción del resumen de Proyecto de investigación al idioma inglés presentando por los señores de la carrera de **Ingeniería Eléctrica** de la unidad académica CIYA: **Loayza Collaguazo Oscar Fernando** con número de cedula 172317311-6 y **Mullo Pallo Mauricio Eduardo** con numero de cedula 050375518-3, cuyo título versa “*DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DUCHA DE INDUCCIÓN*”, lo realizo bajo mi supervisión y cumple con una correcta escritura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Febrero 2017

Atentamente,

.....

Lic. Msc. Alison Mena Barthelotty

DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

CC: 0501801252

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Diseño y construcción de ducha de inducción

Fecha de inicio:

4 de abril del 2016

Fecha de finalización:

9 de Enero de 2017

Lugar de ejecución:

San Felipe – Ignacio Flores – Latacunga – Cotopaxi

Unidad Académica que auspicia

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Eléctrica

Proyecto de investigación vinculado:

Ninguno

Equipo de Trabajo:

- Dr. Secundino Marrero Ramírez

Coordinadores del Proyecto:

- Loayza Collaguazo Oscar Fernando
- Mullo Pallo Mauricio Eduardo

EQUIPO DE TRABAJO

Nombre: Secundino Marrero Ramírez

Nacionalidad: Cubano

Fecha de nacimiento: 3 de Marzo 1957

Estado Civil: Casado

Residencia: Edificio 25 Apto. 13 Rpto. Caribe, Moa. Holguín. Cuba.

Entidad Laboral: Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Nuñez Giménez”

E-mail: secundino.marrero@utc.edu.ec, smarreroram@gmail.com

Móvil: (53) 58102619

TÍTULOS OBTENIDOS

- Ingeniero Electrónico Industrial, Master en Ciencias Técnicas. Graduado en 1983 en el Instituto Politécnico de Kiev, Ucrania.
- Doctor en Ciencias Técnicas en el área de Automatización de procesos Metalúrgicos. Instituto de Minas de San Petersburgos, Rusia, 1989.

COORDINADORES DEL PROYECTO

HOJA DE VIDA POSTULANTE N°1

NOMBRES: Oscar Fernando
APELLIDOS: Loayza Collaguazo
TELÉFONO DEL DOMICILIO: (02) 2 309 050
TELÉFONO CELULAR: 0967187222
CORREO ELECTRÓNICO: fernando_loayza_94@live.com

HOJA DE VIDA POSTULANTE N°2

NOMBRES: Mauricio Eduardo
APELLIDOS: Mullo Pallo
TELÉFONO DEL DOMICILIO: 032664149
TELÉFONO CELULAR: 0984627515 (Movistar)
CORREO ELECTRÓNICO: mau91mau@gmail.com

Área de Conocimiento:

Electrónica de Potencia, Maquinas Eléctricas

Línea de investigación:

Suministro eléctrico y automatización industrial

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto tuvo como objetivo la construcción de un prototipo a inducción para el calentamiento de agua de uso doméstico específicamente en duchas, mediante el uso de elementos electrónicos de potencia.

El prototipo usa un módulo de inducción acoplado a un control de fase con el cual se logró regular la potencia con la que trabaja el modulo a inducción, el mismo que funciona con un voltaje de 220 V, 60 Hz, 5.5 kW esto en la parte de potencia, para la parte de control se utiliza el PIC 16F877A en el cual damos las condiciones necesarias para que los demás elementos funcionen correctamente.

Una vez que se terminó la construcción del prototipo se realizó las diferentes pruebas correspondientes de acuerdo a los parámetros especificados en el presente proyecto, mediante los resultados obtenidos se logra obtener una temperatura óptima para bañarse las cuales van de 25° C a 35⁰C, todo esto mediante el análisis de los resultados que se realizó al prototipo.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como finalidad promover el uso de sistemas de inducción de manera doméstica para el calentamiento de agua en duchas, teniendo así una mejora dentro de la utilización de energía también conocida como eficiencia energética en comparación con otras duchas eléctricas tradicionales y teniendo un impacto positivo en el ámbito social y económico.

Los sistemas de inducción son sistemas que se adaptan a los tiempos actuales, al cambio de la matriz energética y eficiencia energética por lo que su alcance es a nivel nación e internacional.

Con el uso de los sistemas a inducción de uso doméstico para el calentamiento de agua en duchas se puede calentar agua en una misma cantidad de duchas tradicionales con un consumo menor de energía eléctrica, aunque el presente proyecto tiene como finalidad calentar agua en duchas, teniendo un mayor alcance el proyecto con modificaciones mínimas puede utilizarse para calentar el agua para toda una vivienda ya sea destinada para duchas, lavamanos o fregaderos.

Por lo expuesto anteriormente es viable su ejecución

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios de la ducha de inducción son:

Beneficiarios Directos:

De una manera directa son los todos los consumidores finales, los cuales se verán beneficiados al tener un menor consumo energético en su planilla facturada lo que implica un menor gasto en su economía familiar.

Beneficiarios Indirectos:

Serán las empresas distribuidoras ya que el consumo de energía será menor con lo que las empresas distribuidoras podrán aprovechar la energía reducida en proyectos de expansión o usos de energía dentro de la industria.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

Una ducha eléctrica representa un consumo significativo de energía eléctrica en comparación con el resto de equipos que se encuentra en una vivienda, ya que, si consideramos que una vivienda unifamiliar está formada de 4 personas, una ducha eléctrica tradicional estará encendida aproximadamente durante 15 min por persona dando como resultado un alto consumo de energía eléctrica y una vida útil del equipo baja.

Al tener un uso constaté de la ducha eléctrica disminuimos su tiempo de vida útil, además de producir un calentamiento en los cables de alimentación de la misma, esto producto de la alta corriente que maneja el equipo por tal motivo se requiere de un mantenimiento constante del equipo para garantizar su correcto funcionamiento

Además, se debe tener presente apagar el interruptor cuando se termine el baño, de lo contrario, podría encenderse por sí sola y quemarse de manera inmediata al no tener presión de agua en ella.

Declaramos como problema:

¿Al construir una ducha de inducción se podrá disminuir el consumo energético y obtener un ahorro económico con respecto a las duchas tradicionales?

6. OBJETIVOS:

Objetivo General

Diseñar un sistema de calentamiento de agua de uso doméstico basado en el principio de inducción, mediante la construcción de un prototipo de ducha, para evidenciar la eficiencia del mismo.

Objetivos Específicos

- Recopilar información sobre sistemas de inducción y tradicionales (ducha eléctrica) aplicados al calentamiento de agua para uso doméstico.
- Diseñar y construir el sistema de control y potencia a utilizarse en el prototipo de ducha para su funcionamiento.
- Sustentar los parámetros óptimos de funcionamiento en los cuales va a trabajar el prototipo evaluando los beneficios técnico-económicos representados en el ahorro de energía eléctrica.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y sistemas de tarea en relación a los objetivos planteados.

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Recopilar información sobre sistemas de inducción y tradicionales (ducha eléctrica) aplicados al calentamiento de agua para uso doméstico.	Búsqueda de información sobre los sistemas de inducción y tradicionales para el calentamiento de agua mediante el uso de fuentes web y bibliográficas.	Fundamentación teórica de los sistemas de inducción y ducha eléctrica utilizados para el calentamiento de agua de uso doméstico.	Descripción de los sistemas de inducción y ducha eléctrica utilizados para el calentamiento de agua de uso doméstico.
Diseñar y construir el sistema de control y potencia a utilizarse	Diseño del sistema de control y potencia a utilizarse en el	Construcción de las placas para el sistema de control y potencia del	Maqueta ensamblada

en el prototipo de ducha para su funcionamiento.	prototipo de ducha	prototipo de ducha	
Sustentar los parámetros óptimos de funcionamiento en los cuales va a trabajar el prototipo evaluando los beneficios técnico-económicos representados en el ahorro de energía eléctrica.	Destacar los rasgos de consumo energético, resaltando el ahorro económico que genera el uso de la ducha de inducción.	Se determinó un ahorro del consumo de energía en comparación con duchas eléctricas tradicionales.	Tabla de consumos de energía eléctrica Tabla 9

Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

En la actualidad los sistemas de eficiencia energética están tomando fuerza adaptándose a los cambios de matriz energética y al uso de nuevas tecnologías para encontrar sistemas con pérdidas cada vez menores y con una contaminación mínima tanto para el medio ambiente como el mismo sistema eléctrico, actualmente el cambio de la matriz energética del país ha con llevado a optar por el uso de energías renovables para reemplazar los sistemas convencionales utilizados, los cuales hacen mal uso de la energía eléctrica.

Los sistemas que promueven una alta eficiencia energética actualmente son los sistemas de inducción electromagnética.

Análisis de la Inducción:

“La inducción electromagnética se refiere al fenómeno por el cual la corriente eléctrica es generada en un circuito cerrado por la fluctuación de corriente en otro circuito cercano” (CUSHICONDOR, 2009)(p.17).

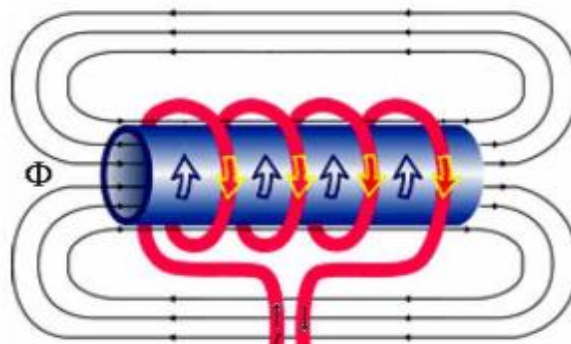
Aclarando además que se ha buscado reemplazar la utilización de los hidrocarburos como el gas por sistemas como los de inducción, que además de ser más eficientes tienen un menor impacto ambiental al ecosistema.

“El funcionamiento del calentamiento por inducción está basado en las acciones producidas por los campos electromagnéticos sobre determinados materiales, ya que estos llegan a absorber parte de la energía de dichos campos y la transforman en calor. Los materiales susceptibles para ser calentados por inducción, deben presentar alguna de las siguientes propiedades.

- Buena conductividad eléctrica, que posibilita la circulación interna de las llamadas corrientes inducidas o de Foucault.
- Ferromagnetismo, gracias al cual se produce el fenómeno de la denominada histéresis magnética.

Ambos fenómenos posibilitan la transformación de la energía del campo electromagnético en calor generado internamente en el material. El campo electromagnético necesario se crea mediante una fuente de corriente de media/alta frecuencia.

Figura 1. Principio de la inducción magnética



Fuente (CUSHICONDOR, 2009)

Donde:

Φ es el flujo magnético que pasa a través del conductor

Figura 1. Principios de la inducción magnética, en la cual la mayor cantidad de flujo magnetismo se da en el núcleo de un material ferromagnético dentro de un campo magnético, se induce corriente eléctrica, la cual se concentrará en la parte superficial, denominadas corrientes parasitas.

“Si se coloca un elemento de marial ferromagnético dentro de un campo magnético alterno, se inducen corrientes eléctricas mayormente concentradas hacia la superficie, denominadas corrientes parasitas o de Foucault. Estas crean perdidas de energía a través del efecto Joule,

esto significa que dichas corrientes transforman formas útiles de energía, como la cinética, en calor”. (FLORES, 2009) (p.20).

Ducha eléctrica

La ducha eléctrica o también llamados como calentadores de punto. Ver figura. 2, son unidades muy pequeñas, cuando están instaladas a poca distancia del lugar donde se requiere el agua caliente, son alimentados con electricidad y se activan automáticamente por flujo o manualmente con un interruptor. Su uso se reduce a unas pocas aplicaciones comerciales o domésticas.

Figura 2. Calentadores de punto



Fuente: <http://www.arquitectura.com.ar/instalando-una-ducha-electrica-en-el-bano/>

En usos prolongados de tiempo de uso tienden a quemarse y ser reemplazados por un nuevo equipo. “Tienen un reducido consumo eléctrico van desde 1500 vatios a 5000 W”. Solo tienen un uso práctico en países de clima templado, dada su baja capacidad de calentamiento. Podemos encontrar ejemplos de su uso instalados directamente a lavamanos o duchas de punto, comunes en viviendas económicas en países de clima templado.

Descripción de los sistemas electrónicos usados para el calentamiento por inducción.

Dentro de los sistemas utilizados para el calentamiento por inducción tenemos a los sistemas electrónicos denominados convertidores resonantes.

“Los convertidores CD (corriente Directa), CA (Corriente Alterna) se conocen como inversores. La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada en CD a un voltaje simétrico de salida en CA, con la magnitud y frecuencia deseadas. Asimismo, tanto el voltaje de salida como la frecuencia pueden ser variables o fijos” (FLORES, 2009)

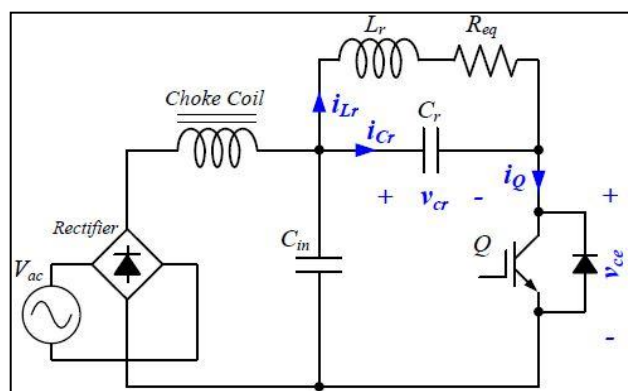
Clasificación de los inversores resonantes

La propuesta de clasificación permite definir las siguientes topologías: inversor de terminación única; inversor resonante en serie de puente completo; inversor resonante en serie de medio puente; y convertor AC/AC.

Inversor de terminación única (SE)

El sistema de inducción con una topología de inversor resonante directo tiene una mayor utilidad en circuitos de cocción, debido a su estructura de costos más baja, así como su eficiencia relativamente alta (Yeon et al., 2003). (GUAMAN, GUEVARA, & RIOS, 2014)

Figura 3. Inversor de terminación Única

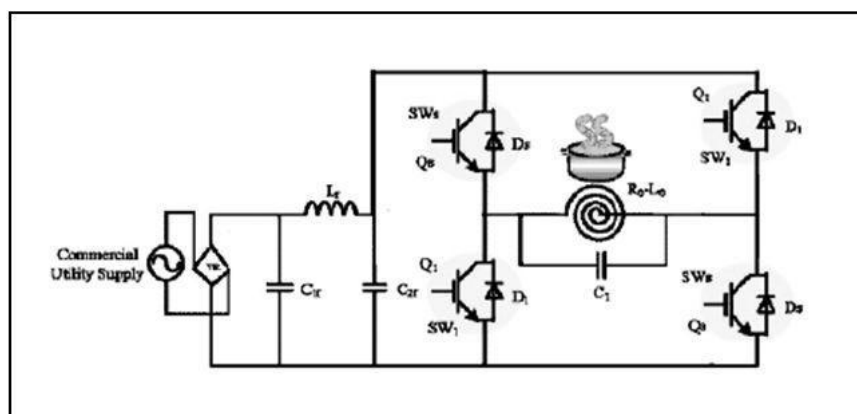


Fuente (GUAMAN, GUEVARA, & RIOS, 2014)

Inversor resonante serie de puente completo

El inversor resonante de puente completo es una de las topologías que se usan en aplicaciones de calentamiento por inducción. Esta topología permite reducir las pérdidas de potencia en los conmutadores, consiguiendo así frecuencia de operación por encima de la frecuencia de resonancia.

Figura 4. Inversor Resonante serie de puente completo

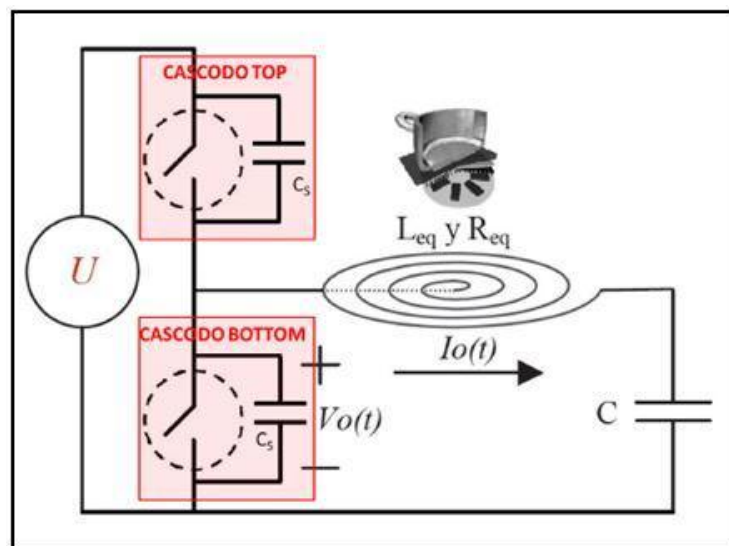


Fuente (GUAMAN, GUEVARA, & RIOS, 2014)

Inversor resonante serie de medio puente

Los convertidores resonantes de medio puente, también conocidos como de tensión conmutada, es una topología muy empleada en sistemas de electrodomésticos. Una de las ventajas de esta topología, en comparación de la topología de inversor resonante de puente completo, es que este utiliza una menor cantidad de componentes, lo que le permite abaratar costos de fabricación.

Figura 5. Inversor resonante serie de medio puente



Fuente (GUAMAN, GUEVARA, & RIOS, 2014)

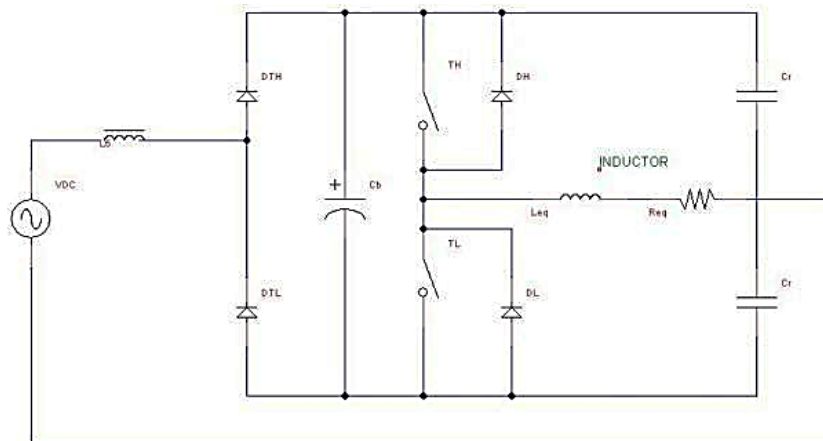
Este esquema presenta una tendencia al calentamiento a bajas frecuencias. Al ser un circuito con dos dispositivos de conmutación tiene un menor número de corrientes parásitas. (Segura, 2012).

Convertor AC/AC

Un convertidor es básicamente un dispositivo electrónico que permite transformar una tensión o corriente continua en otra con una mayor amplitud, o a su vez pasar de una tensión o corriente alterna en una continua.

El convertidor AC/AC tiene como finalidad suministrar tensión y corriente variable a partir de fuentes alternas. La topología del inversor resonante de medio puente requiere tan solo de dos diodos rectificadores, duplicando la salida de tensión de la fuente como se observa en la Fig. 5 (Haye, 2011; Flores, 2007).

Figura 6. Conversor AC/AC



Fuente (GUAMAN, GUEVARA, & RIOS, 2014)

Circuitería de conmutación

Para la circuitería de conmutación se pueden utilizar tres tipos de circuitos primordialmente, el primero se basa en transistores discretos, el segundo en el uso de opto acopladores y un tercero con transformadores de pulsos.

Para elegir entre estas tres opciones es necesario tomar en cuenta varios factores como lo son: la frecuencia a utilizar, inductancias parásitas, la potencia disipada entre la puerta, las pérdidas de potencia por la conmutación, entre otras. Las opciones mencionadas se exponen y analizan a continuación:

Tabla 2. Comparación de circuitos de conmutación.

Circuito de Conmutación	Inversor medio puente con carga resonante
Transistores Discretos	Aumento de las inductancias parásitas debido a la gran cantidad de componentes y no siempre provee aislamiento
Opto acoplador	Proporciona aislamiento, reduce las inductancias parásitas, integrando seguridad e inmunidad al ruido
Transformador de pulsos	Proporciona aislamiento, requiere mayor cantidad de componentes y espacio para una mejor presentación.

Fuente (FLORES, 2009)

Tipos de tanques resonantes

Las configuraciones básicas mostradas de tanques resonantes serie y paralelo se encuentran integradas por un capacitor y una bobina, dando como resultado un circuito de segundo orden.

Existen 4 combinaciones posibles de redes de 3 elementos que contengan sólo inductancias (L) y condensadores (C): 1) 2L y 1C.

2) 1L y 2C.

3) 3L.

4) 3C.

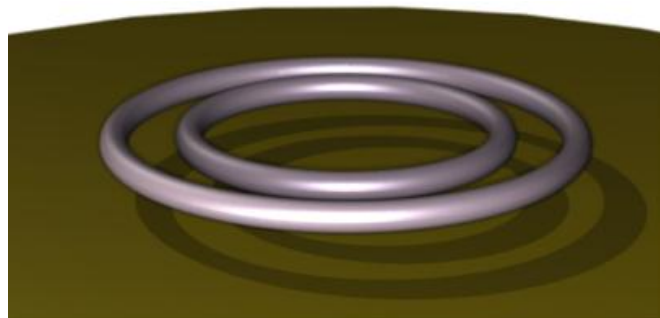
Generación de armónicos

La generación de los armónicos dentro de un sistema se da debido a la utilización de equipos electrónicos. “En la mayoría de los equipos de electrónica de potencia, como fuentes de alimentación de CC de modo conmutado, fuentes de alimentación ininterrumpida (UPS) y accionamientos por motores de CA a CC, se usan convertidores de CA a CC como interfaz con la fuente de tensión de los sistemas de suministro de tensión” Robines (2009) (p.426).

Calentamiento por inducción

COMSOL afirma que: El calentamiento por inducción es similar al efecto de calentamiento Joule, pero con una modificación importante. Las corrientes que calientan el material se inducen por medio de inducción electromagnética; se trata de un proceso de calentamiento sin contacto.

Figura 7. Bobina de inducción Espiral

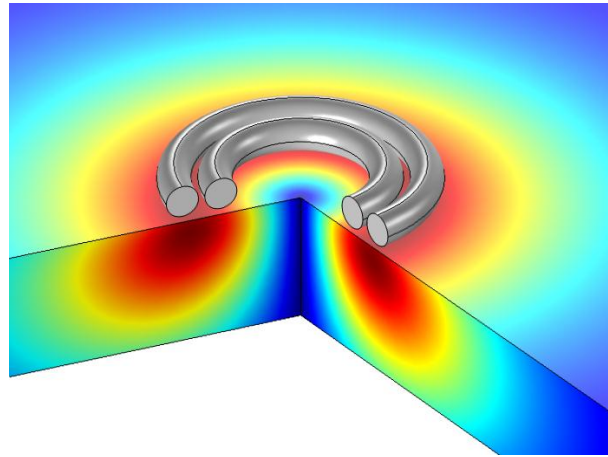


Fuente: COMSOL

COMSOL afirma que: Mediante la aplicación de una corriente alterna de alta frecuencia a una bobina de inducción, se genera un campo magnético variable en el tiempo. El material a calentar, conocida como la pieza de trabajo, se coloca dentro del campo magnético, sin tocar la bobina. Tenga en cuenta que no todos los materiales se pueden calentar por inducción, sólo los que tienen una alta conductividad eléctrica (por ejemplo, cobre, oro, y aluminio, para

nombrar unos pocos). El campo electromagnético alterno induce corrientes de Foucault en la pieza de trabajo, lo que resulta en pérdidas resistivas, que luego calentara el material.

Figura 8. Inducida densidad de corriente en una placa de cobre en 10 Hz.



Fuente: COMSOL

COMSOL afirma que: Además, la alta frecuencia conduce a un efecto de la piel; la corriente alterna es forzada a fluir en una capa delgada hacia la superficie de la pieza de trabajo. Esto, a su vez, conduce a un aumento de la resistencia del conductor, en última instancia, resulta en un gran aumento de efecto de calentamiento.

COMSOL afirma que: Metales ferrosos se calientan por inducción más fácilmente que otros materiales. Esto es así porque, además de las corrientes de Foucault, se produce otro mecanismo de calentamiento. Cristales de hierro del material son magnetizado y desmagnetizado una y otra por el campo magnético alterno. Esto hace que los dominios magnéticos se volteen rápidamente hacia atrás y hacia adelante, dando lugar a pérdidas por histéresis, que resultan en calor.

COMSOL afirma que: El calentamiento por inducción, por ejemplo, se ha convertido en una opción favorable para la elaboración de alimentos. En comparación con los métodos en los tubos se calientan con agua caliente o vapor, calentamiento por inducción permite un mejor control de la temperatura, lo cual, a su vez, ayuda a evitar altas temperaturas locales.

El modelo consiste en una bobina electromagnética circular que se enrolla alrededor de un conjunto de tubos por los que circula un fluido. Como una corriente alterna pasa a través de la bobina, genera un campo magnético alterno. Este campo luego penetra en las tuberías, la producción de corrientes de Foucault dentro de las tuberías y calentarlas.

Figura 9. Geometría de un modelo de calentador de inducción en línea.



Fuente: COMSOL

Existe diferentes métodos de calentamiento por inducción, día a día va creciendo la investigación, así como las diferentes aplicaciones que ayudan a ello como COMSOL afirma que:

La aplicación calentadora de inducción en línea cuenta con dos secciones principales: la configuración de la sección en el lado izquierdo y el gráfico de la sección en el lado derecho. En virtud de la configuración, los usuarios pueden fácilmente modificar las dimensiones de las tuberías y de la bobina. Para mayor orientación, la validez de la geometría se muestra el estado después de cada campo de entrada geométrico se actualiza. Los siguientes criterios deben cumplirse para que el estado de ser válida:

- longitud y la posición de la bobina debe encajar con la longitud de las tuberías
- El espesor de los tubos debe ser proporcional al radio interno

Si no se cumplen estos criterios, el estado hará que como no válido hasta que las modificaciones necesarias se realizan a la geometría. Esto ayuda a asegurar que los usuarios generan resultados de la simulación realista cuando se ejecuta sus pruebas.

Viviendas Unifamiliares

Según las estadísticas del censo de población y vivienda del 2010, en la ciudad de Latacunga la tendencia de las viviendas propias y totalmente pagadas son del 57.1%, es decir, más de la mitad de su población cuenta con su casa propia con servicios básicos como eléctrico,

telefónico, abastecimiento de agua, eliminación de basura, conexión de servicio higiénico entre otros.

En la actualidad, las viviendas cuentan con otros servicios para el acceso a las tecnologías de la información mediante el internet, computadoras portátiles y los celulares, también con cambios en el proceso del calentamiento de agua mediante calefones eléctricos y calefones a inducción que hoy en día se promueven como uno de los principales criterios para la eficiencia energética en viviendas unifamiliares.

Existen definiciones muy abiertas de las viviendas unifamiliares, pero se puede afirmar que una vivienda unifamiliar es una construcción destinada a una sola familia con necesidades energéticas como las siguientes:

Aguas salientes sanitarias (ACS): El consumo de agua caliente supone un gasto total de energía de hasta un 80%. El agua caliente se utiliza en la ducha, en el aseo personal, en la lavadora, la cocina, los lavadores.

Calor y frío: La climatización depende de la época del año (invierno o verano) y a la región donde esté ubicada la vivienda; pero siempre resultará mejor un aislamiento adecuado de la envolvente del espacio construido, para reducir el consumo hasta en un 50%.

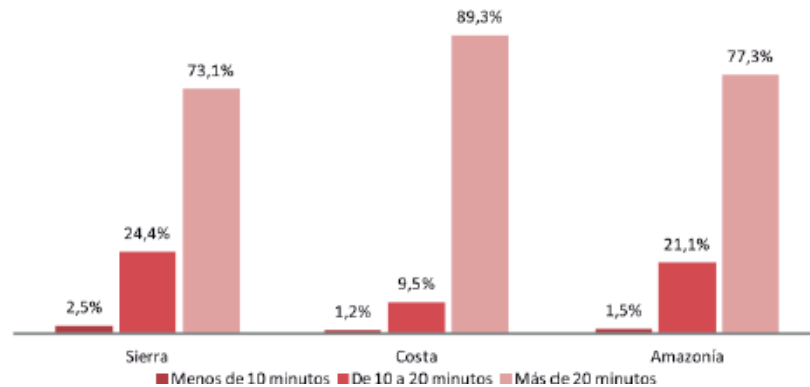
- Calor: La calefacción en una vivienda es utilizada en climas fríos para mantenerse una temperatura interior de 25°C, que está dentro de un rango de confortabilidad.
- Refrigeración: es utilizada en climas cálidos y es un proceso donde se disminuye la temperatura de un espacio para alcanzar un grado de confort térmico en una vivienda.

Electricidad: La electricidad se utiliza para iluminación o para el uso de electrodomésticos. Se deben instalar sistemas de control de energía y de aparatos modernos y eficaces.

Consumo de agua en viviendas unifamiliares

El tiempo empleado para bañarse según la población de las regiones naturales, como se muestra en la figura 19, el 89,3% de los hogares que se encuentra en la región Costa utilizan más de 20 minutos para bañarse, en cambio la región Sierra muestra menores incidencias con el 73,1%.

Figura 10. Tiempo empleado para bañarse según regiones naturales.



Fuente. (INEC 2012)

Temperaturas de aguas salientes sanitarias (ACS)

El volumen y la temperatura de agua son datos importantes y relevantes al momento de hacer uso de un calefón para el calentamiento del agua, así como también el tiempo de empleo del suministro.

Dichos datos pueden variar de acuerdo al tipo de vivienda, en la investigación planteada se enfoca para las viviendas unifamiliares en las que se describen los siguientes datos como se puede observar en la tabla 3, tanto del consumo como la temperatura y el tiempo de llenado.

Tabla 3. Temperaturas y consumo en aparatos sanitarios.

TIPO DE EDIFICACIÓN	APARATO	TEMPERATURA (°C)	CONSUMO POR LLENADO (L)	TIEMPO DE LLENADO (MINUTOS)
Vivienda Unifamiliar	Bañera	38	150	15
	Bidet	35	5	2
	Ducha	40	45	6
	Lavamanos	35	2	2

Fuente. (Escribano, Octubre 2008)

9. HIPÓTESIS:

El sistema de inducción domestico para calentar agua en duchas reducirá el consumo de energía eléctrica con relación a la ducha eléctrica tradicional, garantizando los mismos niveles de seguridad y temperatura.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL:

Métodos generales

Métodos Científico

Utilizaremos este método ya que vamos a explicar fenómenos, establecer relaciones entre los hechos y enunciar leyes que expliquen los fenómenos físicos del problema en el que no vamos a basar.

Métodos Específicos

Método Hipotético Deductivo

La utilización de este método es indispensable para nuestro proyecto ya que vamos a dar una solución a un problema.

En el caso de que se considere al método experimental como un método independiente, el método hipotético deductivo pasaría a ser un método específico dentro del método empírico analítico, e incluso fuera de éste.

Método Histórico

La utilización de este método es de vital importancia dentro de nuestra investigación ya que la investigación está vinculada al conocimiento de las distintas etapas de los objetos en su sucesión cronológica. Para conocer la evolución y desarrollo del objeto o fenómeno de investigación.

Método Documental

La investigación documental es la presentación de un escrito formal que sigue una metodología reconocida. Consiste primordialmente en la presentación selectiva de lo que expertos ya han dicho o escrito sobre un tema determinado ya que toda investigación se basa en principios ya hechos.

Método Descriptivo

Utilizaremos dicho método para la descripción de datos y características de una población a la que se va a ser influencia nuestro proyecto investigativo. El objetivo es la adquisición de datos objetivos, precisos y sistemáticos que pueden usarse en promedios, frecuencias y cálculos estadísticos similares para asegurar la eficacia del proyecto.

Técnicas

Lectura comprensiva

La lectura comprensiva va a estar presente en todo nuestro proyecto investigativo ya que necesitaremos analizar información comparar teoría de diferentes autores y sacar una idea común para dirigir nuestro proyecto a una solución viable.

La lectura es un proceso que permite adquirir conocimientos o construir significados, para hacer una lectura con consciencia se requieren poner los 5 sentidos ya que se necesita un alto grado de concentración para poder percibir, establecer relaciones, analizar, inferir y deducir de forma adecuada.

Modelamiento

Esta técnica se la utilizara en la construcción de nuestro prototipo de ducha de inducción ya que veremos el diseño que cumpla con todos los requisitos planteados dentro de nuestra investigación.

Los softwares que se utilizaran son:

Proteus

En este programaras realizaremos las simulaciones del sistema de control y una parte del circuito de fuerza.

Micro C

El programa micro C es donde realizaremos la programación del pico

Interpretación de información

Esta técnica se utilizará ya que estamos en la obligación de analizar e interpretar la información que vamos a utilizar en nuestra investigación, ya que debemos partir de una base teórica bien fundamentada para no tener inconvenientes con la construcción de nuestro prototipo.

Sintetizar de información

Utilizaremos esta técnica ya que la información será obtenida de varios libros y fuentes de internet por lo que estamos en la necesidad de efectuar una síntesis para el mejor desempeño de la información como base teórica y resaltar los aspectos más sobresalientes para asegurar una fundamentación teórica verídica y útil.

Experimentación de exploración.

Esta técnica será de vital importancia en la construcción de nuestro prototipo ya que vamos a modelar y registrar la información obtenida en base a pruebas para determinar su eficiente funcionamiento.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

Dentro de la metodología para el aprovechamiento de la inducción en temas de calentamiento tenemos presentes los siguientes aspectos que son:

Construcción del prototipo “Circuito resonante”

La metodología seleccionada fue sistemas resonantes que son los más utilizados para la creación de los sistemas de inducción, dentro de esta opción nos centraremos en la parte de potencia, tenemos el circuito resonante el cual trabajara a distintas corrientes y según esto se realiza los cálculos para la construcción del tanque resonante.

Como primer prototipo seleccionamos sistemas de resonancia en este caso partimos con la utilización de elementos de electrónica de potencia, que son muy utilizados dentro de la inducción moderna.

El diseño utilizado se basó en el circuito resonante serie de medio puente el cual está sustentado en que los convertidores resonantes de medio puente son muy empleados en sistemas de electrodomésticos. Una de las ventajas de este convertidor:

- Es que este utiliza una menor cantidad de componentes, lo que le permite abaratar costos de fabricación.
- Al poseer menor cantidad de elementos mejora su eficiencia, ya que al poseer gran cantidad de elementos tiene a la creación de una mayor cantidad de corrientes parásitas.
- Proporciona una gran sencillez en su construcción.
- Este esquema presenta una tendencia al calentamiento a bajas frecuencias.
- Al ser un circuito con dos dispositivos de conmutación tiene un menor número de corrientes parásitas.
- Al emplear dispositivos de conmutación en carga, permite aprovechar el rendimiento del circuito sobre un 50%, además esta topología trabaja cada medio periodo de conmutación permitiendo mejorar el factor de potencia.

Por las ventajas presentadas se procedió a la elección de este tipo de configuración.

Circuitería de conmutación

Para la selección de esta circuitería nos basamos en la frecuencia a utilizar, inductancias parásitas, la potencia disipada entre la puerta, las pérdidas de potencia por la conmutación, entre otras.

Selección de frecuencia

La frecuencia fue elegida en base a la siguiente tabla

Tabla 4. Bandas de frecuencia definidas para el calentamiento por inducción.

FRECUENCIA	APLICACIÓN
50 Hz – 540 Hz	Frecuencia de abastecimiento
500 Hz – 50 KHz	Frecuencia intermedia
50 KHz – 10 MHz	Radiofrecuencia
10 MHz hacia arriba	Frecuencia de microondas

Fuente: Flores Aida

Tanque resonante

Una vez realizado la comparación entre los inversores de carga resonante LCL y CCL, se llegó a la conclusión de que el modelo de circuito tanque resonante LCL, es el más adecuado para su implementación con MOSFET.

Para la implementación de este tanque resonante fue necesario proponer una frecuencia de oscilación, y así obtener los valores de los componentes del sistema. La frecuencia de oscilación propuesta fue de 175 kHz.

Para la construcción del prototipo la frecuencia va a ser controlada por pulsos PWM de un PIC, la construcción comenzó con la simulación de la circuitería de control con el PIC 16F877A, los circuitos de control utilizados fueron realizados en el programa PROTEUS y se los representa en el ANEXO 1.

Con la ayuda del programa microC se configura al PIC 16F877A, el código del PIC utilizado se representa en el ANEXO 2. El programa fue cargado con la ayuda de PICKIT2.

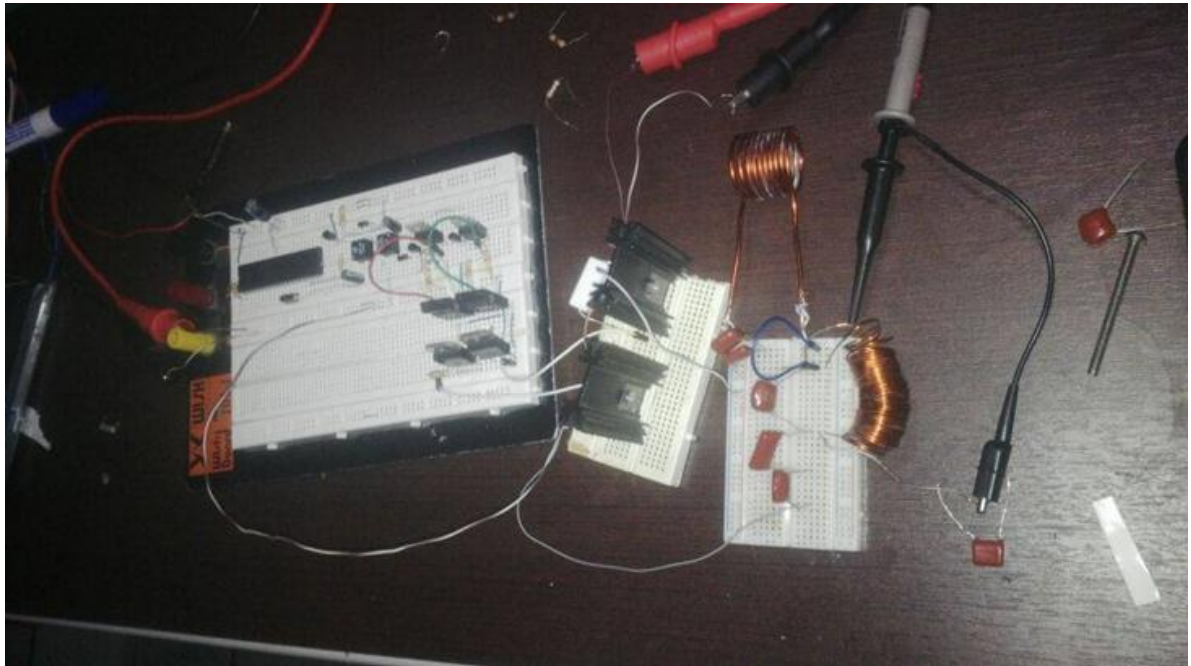
Figura 11.PICKIT 2



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

Una vez realizado todos los procedimientos detallados anteriormente se obtuvo un circuito electrónico el cual se lo puede observar en la figura 12. (ANEXO 3).

Figura 12.Circuito resonante.



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

En la construcción del prototipo se tuvo los siguientes inconvenientes:

Tabla 5. Tabla de análisis del prototipo circuito resonante.

INCONVENIENTE	SOLUCIÓN POSIBLE	DESVENTAJA
Perdida de pistas.	Hacer más robustas las placas del prototipo	Mayor ocupación de espacio.
Dificultad en la fuente de corriente continua	La fuente de corriente continua tiene que ser robusta ya que maneja corrientes elevadas.	Mayor ocupación de espacio y costo económico elevado.
Perdida de resonancia debido a la construcción de la bobina	El material de la bobina debe estar acorde con la pieza magnética que va ser usada de núcleo.	No podemos crear la bobina encima de la tubería ya que con el calor producido puede dañarlas espiras.
Daños en la circuitería de control en los mosfet	Un PIC 088A el cual da tiempos adecuados para la activación y desactivación de los mosfet con carga.	Más ocupación de elementos electrónicos, aumenta el costo económico.
La temperatura de salida del agua no es la ideal.	Aumento de potencia en el circuito de potencia.	Las fuentes deben ser de corriente continua y se requiere un sistema robusto.

Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

Debido a los inconvenientes presentados en la etapa de pruebas se rechazó este prototipo.

Construcción del prototipo “Trasformador”

Con el fallo del prototipo de circuito resonante nos vimos en la necesidad de cambiar nuestro sistema de potencia el cual pasa a ser un transformador como elemento principal del sistema y en el lado secundario se induce una corriente de cortocircuito con la cual se logra calentar una tubería de cobre.

Teniendo una base técnica del prototipo anterior, se calculó una potencia base de 2500 W promedio del primer circuito, a continuación, se realizó el cálculo para la corriente de cortocircuito del secundario.

$$I = \frac{P}{V}$$

Teniendo así:

I= Corriente de cortocircuito

P= Potencia

V= voltaje

$$I = \frac{2500 \text{ W}}{127 \text{ V}}$$

$$I = 19.69 \text{ A}$$

Así obteniendo una corriente de cortocircuito de 19.69 A, conocido el dato de corriente se selecciona un transformador elevador con una potencia de 3000 W. La tubería seleccionada fue de 1/8 de pulgada de cobre conocida en el mercado como cañería, ver figura 13. (ANEXO 4).

Figura 13. Prueba del circuito de Potencia.



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

En la construcción del prototipo se tuvo los siguientes inconvenientes:

Tabla 6. Tabla de análisis del prototipo transformador.

INCONVENIENTE	SOLUCIÓN POSIBLE	DESVENTAJA
Calentamiento excesivo del devanado primario del transformador.	Cambiar a un transformador de mayor potencia.	Transformador de mayor tamaño, riesgo de electrocución.
Calentamiento muy bajo de agua.	Aumento del número de espiras de la cañería de cobre ubicada en el secundario.	No existe suficiente espacio disponible en el transformador esto obliga a aumentar el tamaño del transformador
Alto ruido causado por el transformador.	El juego de espiras provoca vibraciones, debido a que están cortocircuitadas y tiene un alto consumo de corriente, hay que colocar aislantes en todos los espacios para su sujetarlos.	Al colocar aislamiento entre las espiras persiste el problema de calentamiento debido a que no representan alta resistencia térmica.
Alteraciones del sistema de alimentación causado por el flujo de agua y potencia de consumo	Al aumentar o disminuir el flujo de agua el transformador no soporta cambios bruscos de corriente por lo que hay que dimensionar un transformador de mayor potencia.	El aumento de potencia hace que el transformador sea más robusto y estéticamente no conveniente.
Perdida de pistas en el circuito de control.	Hacer más robustas las placas del prototipo o realizar divisiones de circuitos por placas.	El espacio ocupado por los circuitos genera gran calor y para su disipación requiere sistemas de ventilación.

Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

Debido a los inconvenientes presentados en la etapa de pruebas se rechazó este prototipo.

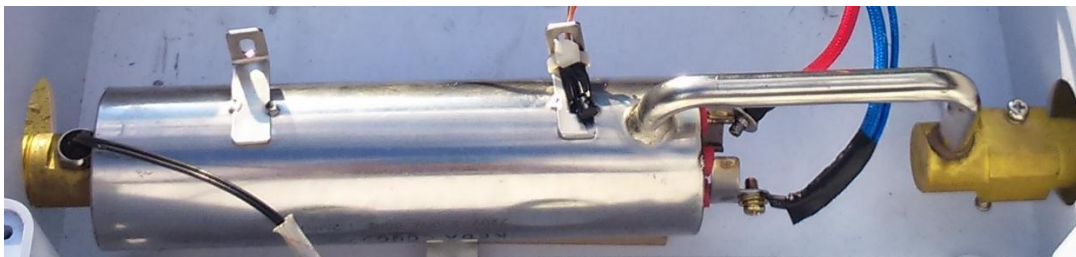
Construcción del prototipo “Modulo de inducción”

El prototipo está constituido por dos sistemas fundamentales un sistema de control donde tenemos un circuito control de fase comandado con la ayuda de un PIC 16F877A que se encarga de recibir todas las señales externas, procesarlas y dirigirla al PIC 16F628A el cual es el encargado de enviar la señal de accionamiento y un sistema de potencia el cual está conformado por un módulo de inducción de 5.5 kW.

Diseño del prototipo

Con los prototipos descritos anteriormente nos vimos en la necesidad de acoplar un módulo de inducción ver Figura 14, el cual fue seleccionado en los parámetros de potencia, corriente y voltaje.

Figura 14. Módulo de inducción de potencia 5.5 kW.



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

Para la elección de potencia del módulo, partimos de la potencia del transformador del prototipo anterior el cual es de 3 kW, en el mercado los módulos de inducción van de 5.5 kW a superiores por lo que se eligió un módulo de 5.5 kW de la marca KEDA.

Con la potencia del módulo ya obtenida se procedió a un análisis de la corriente máxima en función de la potencia y voltaje.

$$I_{max} = \frac{P}{V * \cos\phi}$$

Teniendo así:

I_{max} = Corriente máxima

P= Potencia

V= voltaje

$\cos\phi$ = Factor de potencia

Caso 1. Voltaje de 127 V.

$$I_{max} = \frac{P}{V * \cos\phi}$$

$$I_{max} = \frac{5500 W}{127 V * 0.9}$$

$$I_{max} = 48.12 A$$

En este caso se presenta una corriente elevada, donde los elementos de control son más robustos y de difícil adquisición para estos valores de corriente por tal motivo se procede a realizar una prueba a un nivel de voltaje diferente.

Caso 2. Voltaje de 220 V

$$I_{max} = \frac{P}{V * \cos\phi}$$

$$I_{max} = \frac{5500 W}{220 V * 0.9}$$

$$I_{max} = 27.78 A$$

En los resultados se observó, que el caso 2 presenta un menor valor de corriente, manteniendo la potencia lo cual facilita la adquisición de elementos electrónicos dentro del diseño del prototipo.

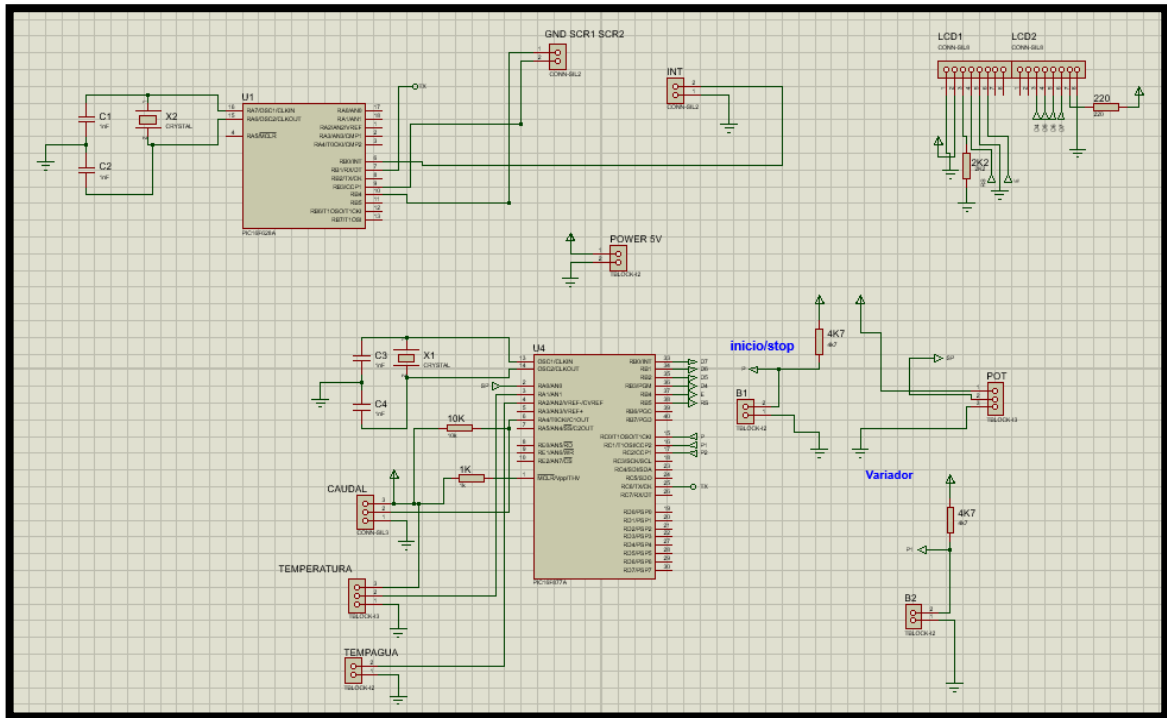
Con la corriente ya designada se procedió al diseño del circuito de control, dicho diseño se lo simuló en el programa Proteus para corroborar su correcto funcionamiento.

Diagramas de las placas

Diagrama de la placa de control

En la figura 15 se puede observar el diseño de la placa de control que se realizó con la ayuda del programa Proteus, se utiliza los PIC 16F877A y 16F628A como principales elementos de control ya que en ellos se darán las condiciones necesarias para que los demás elementos utilizados funcionen correctamente previo a una programación.

Figura 15. Diagrama de la placa de control realizada en Proteus.

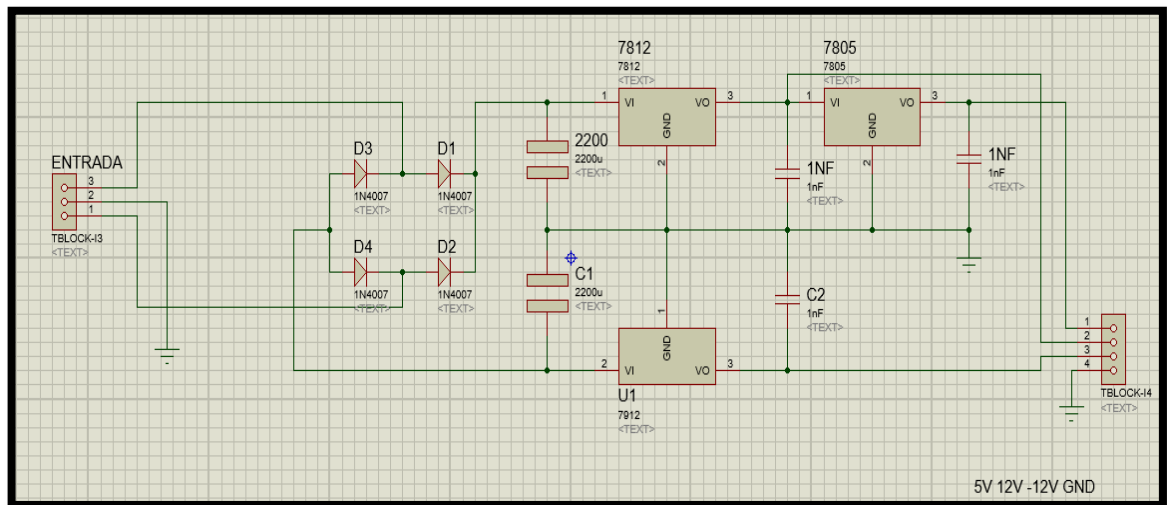


Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

Diagrama de la fuente de alimentación

En la figura 16 se puede observar una fuente de alimentación con una entrada de 12 V a una salida de 5V, la cual será la encargada de alimentar a la placa de control.

Figura 16. Diagrama de la fuente de alimentación realizada en Proteus

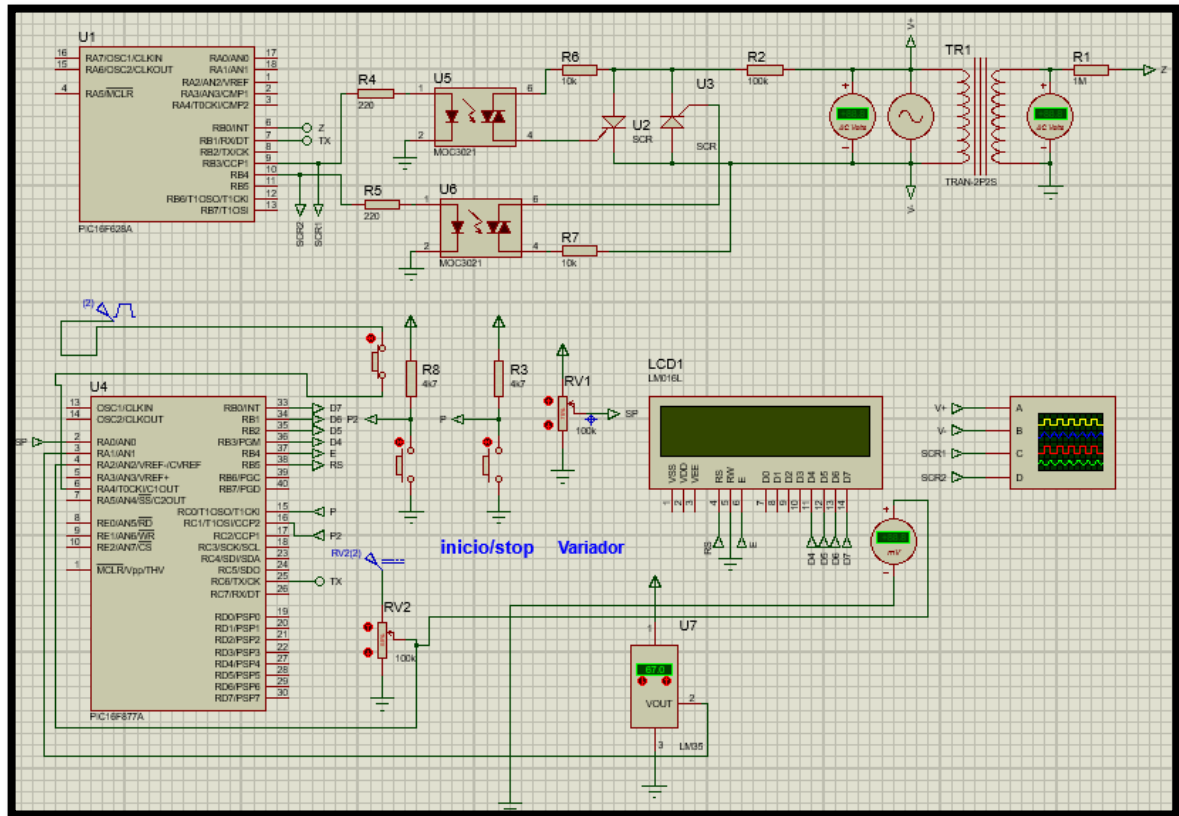


Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

Diagrama de sistema control de fase

En la figura 17 se puede observar el diagrama del sistema control de fase que utiliza 4 SCR BT-152800R dos para cada fase con el fin de poder realizar el control de la onda del voltaje.

Figura 17. Diagrama de la placa del sistema Control de Fase realizada en Proteus.



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

Código de programación

//declaraciones necesarias de donde se va a conectar cada pin del LCD al PIC

sbit LCD_RS at RB5_bit;

sbit LCD_EN at RB4_bit;

sbit LCD_D4 at RB3_bit;

sbit LCD_D5 at RB2_bit;

sbit LCD_D6 at RB1_bit;

sbit LCD_D7 at RB0_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISB5_bit;

sbit LCD_EN_Direction at TRISB4_bit;

```

sbit LCD_D4_Direction at TRISB3_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB0_bit;
//alias del pin donde está conectado el boton
sbit boton at RC0_bit;
sbit boton2 at RC1_bit;
//definir una función para el antirrebote del botón
void antirrebote();
void antirrebote2();
//definir una función para obtener el ángulo del conversor ADC
unsigned short angulo();
void main() {
//iniciar la variable en cero
unsigned short ang=0;
//cadena de caracteres para mostrar angulo y porcentaje en el LCD
char txt[7],txt1[7],txtcaudal[7],txtemp[7],txtagua[7],numflancos=0;
int caudal=0, TEMP=0;
long TAgua=0;
short i=0;
//iniciar el LCD el ADC y la comunicación
lcd_init();
adc_init();
uart1_init(9600);
Delay_ms(100);

Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);
//limpiar el LCD y mostrar la presentación por 2 segundos
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
lcd_out(1,2,"  DUCHA DE");
lcd_out(2,2,"  INDUCCION");
Delay_ms(2000);
OPTION_REG=0b10111111;

```

```

while(1){
inicio:
UART1_write(180); //apagar el controlador enviando 180
//si se presiona el boton ir al antirrebote y saltar a la rutina fase
if (boton==0) {
    antirrebote();
    goto fase;
}
//mostrar el ángulo y el texto
IntToStr(100-(angulo()*100)/180,txt);
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
lcd_out(1,1,"Esperando Inicio");
lcd_out(2,1,txt);
lcd_chr(2,7,37);
Delay_ms(200);
//regresar a inicio, para estar encerrado en esta rutina
goto inicio;
fase:
TMR0=0;
Delay_ms(1000);
numflancos=TMR0;
caudal=(2*numflancos)*100/120;
if ( caudal>100)
caudal=100;
//si se presiona el botón ir a inicio
if (boton2==0){
    antirrebote2();
    goto inicio;
}
//obtener el ángulo mediante la función
if (caudal>0 && TEMP<360)
    ang=angulo();
else

```

```

    ang=180;
//ang=angulo();//enviar el angulo por el módulo UART
    UART1_write(ang);
//convertir el número a texto para mostrar en el LCD
    IntToStr(ang,txt);
//acondicionar a porcentaje y convertir a texto
    TEMP=(adc_read(1)*5000.0/1023.0);
    if (TEMP>990)
        TEMP=990;
    IntToStr(TEMP,txttemp);
    TAgua=17.69066+0.000009320055*exp((adc_read(2)*5.0/1023.0)*23.85962);
    IntToStr(caudal,txtcaudal);
    IntToStr(100-ang*0.56,txt1);
    IntToStr(TAgua,txtagua);
//limpiar el LCD y mostrar las variables y el texto
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    if (TEMP>360){
        lcd_out(1,1," Temperatura ");
        lcd_out(2,1,"Elevada");
        for(i=3;i<5;i++)
            lcd_chr(2,i+8,txttemp[i]);
        lcd_chr(2,13,223);
    }
    else{
        lcd_out(1,1,"F%:");
        lcd_out(2,1,"P%:");
        lcd_out(1,8,"T:");
        lcd_out(2,8,"T_a:");
        for(i=3;i<6;i++)
            lcd_chr(1,i+1,txtcaudal[i]);
        for(i=3;i<7;i++)
            lcd_chr(2,i+1,txt1[i]);
        for(i=3;i<5;i++)

```

```

lcd_chr(1,i+8,txtemp[i]);
for(i=3;i<7;i++)
lcd_chr(2,i+9,txtagua[i]);
lcd_chr(2,15,223);
lcd_chr(1,13,223);
lcd_chr(2,7,37);
lcd_chr(1,7,37);
}
Delay_ms(100);
//encerrar en el ciclo fase
goto fase;
}
}
//función para el antirrebote del botón
void antirrebote(){
while (boton==0);
Delay_ms(100);
}
void antirrebote2(){
while (boton2==0);
Delay_ms(100);
}
//obtener la lectura del ADC (0-1023) y acondicionar a (0-180)
unsigned short angulo (){
unsigned short ang;
ang=adc_read(0)*0.177;
return ang;
}

```

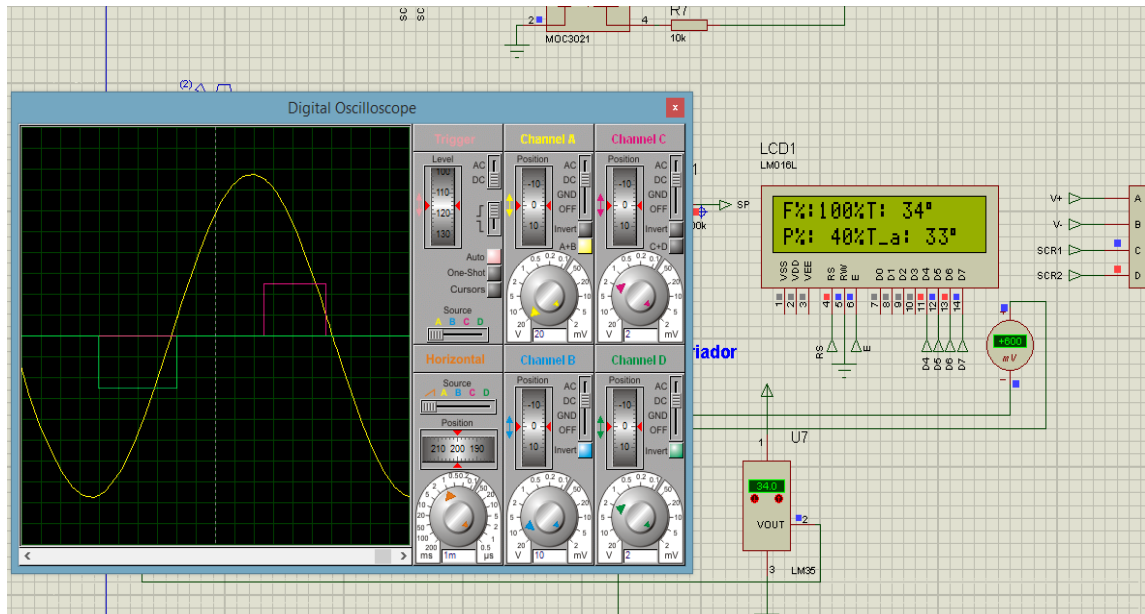
Simulación

Con los circuitos ya realizados en PROTEUS, se procedió a la simulación donde se aprecia que las variables se pueden controlar.

Circuito en funcionamiento

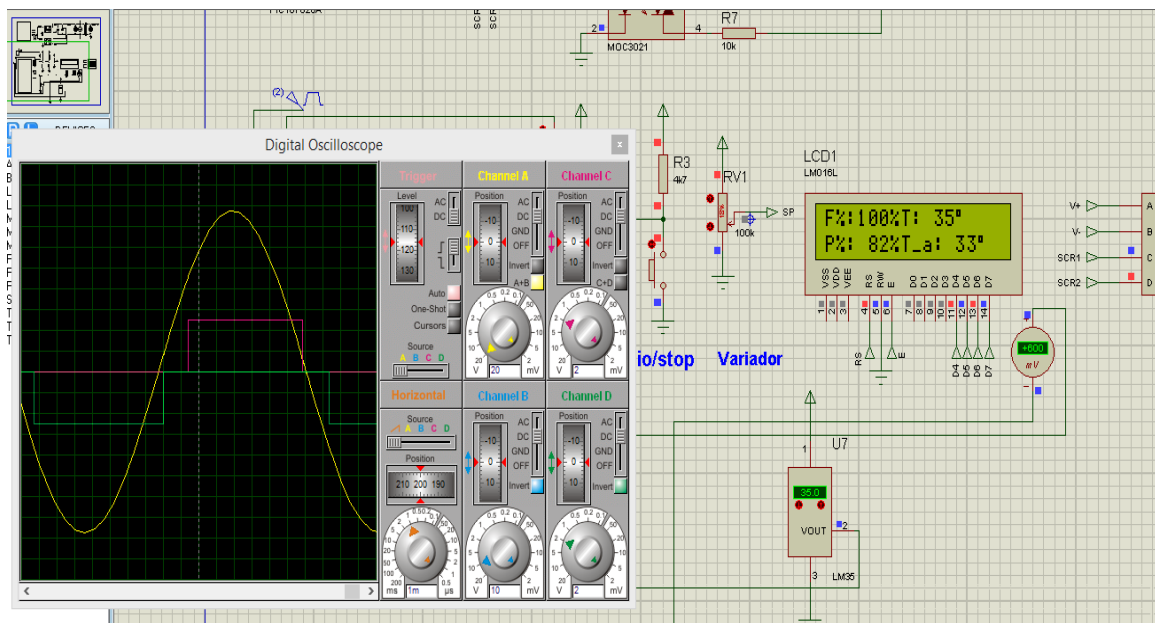
En la figura 18 se puede observar la señal senosoidal del voltaje de entrada y la señal que se envía a los SCR para su funcionamiento, según se varié el nivel de potencia el ancho de la señales que recibe los SCR también varía, representando el control de fase que estamos realizando.

Figura 18. Simulación del funcionamiento del circuito con una potencia eléctrica de 40%.



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

Figura 19. Simulación del funcionamiento del circuito con una potencia eléctrica de 82%.

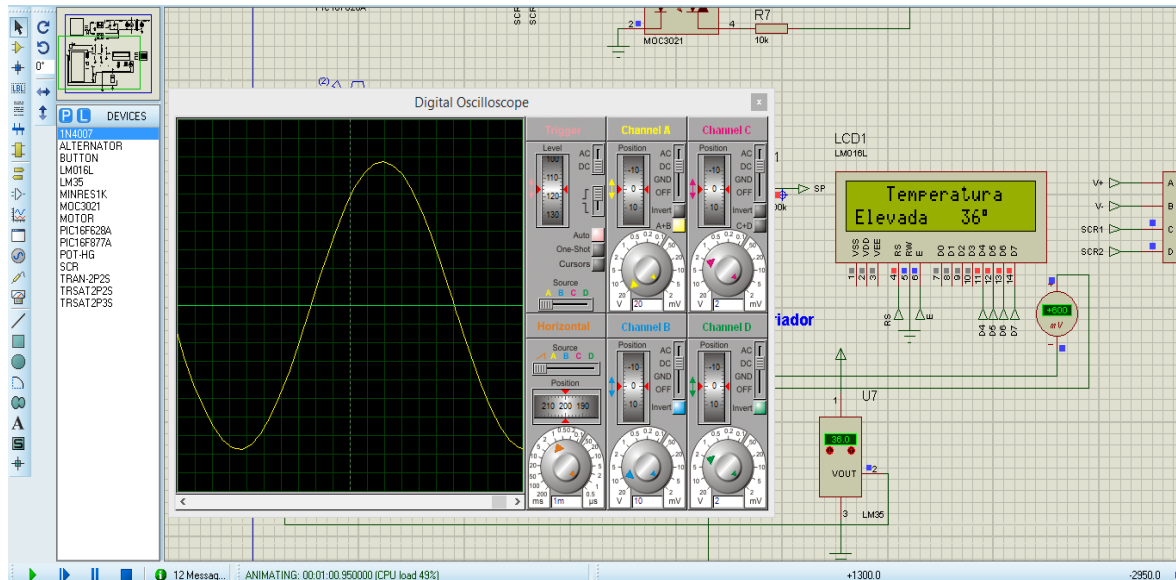


Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

Circuito apagado por temperatura elevada

En caso de superar una temperatura mayor a 35 °C el módulo desplegará en el display un mensaje de temperatura elevada para evitar posibles daños al usuario y al prototipo.

Figura 20. Simulación de temperatura elevada realizado en Proteus.



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

Circuito apagado por falta de caudal

Al no detectar un fluido de agua superior al 5 % el prototipo manda una señal de apagar donde la potencia automáticamente se pone en cero simbolizando que el circuito no se encuentra en funcionamiento, a pesar de esto sigue midiendo la temperatura del agua y del tanque.

Figura 21. Falta de caudal representada en variables.



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

Descripción de los elementos utilizados

Pic 16f877a (1):

Este elemento está encargado de recopilar los datos utilizados para el accionamiento del control de fase y censar las variables de temperatura del agua y del exterior del módulo de inducción.

Pic16f628a (2):

Es el encargado de recibir la señal del ángulo de disparo que emite el PIC 16F877A y da la señal a los Octoacopladores.

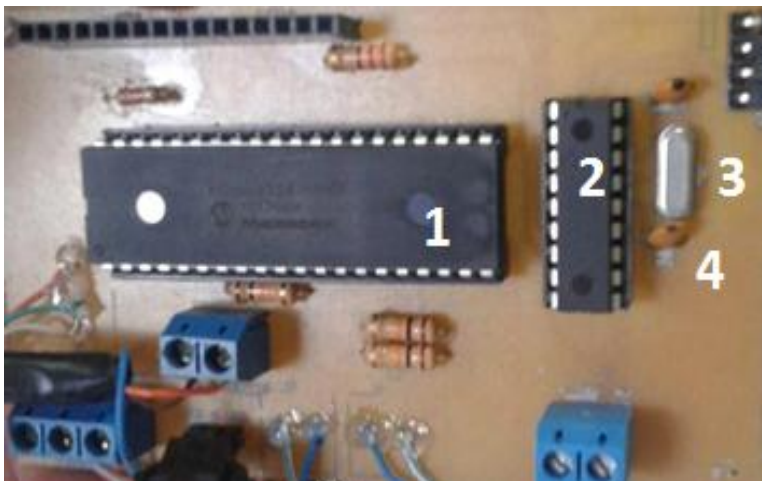
Osciladores de 12 MHz (3):

Emite una señal de reloj a cada uno de los PIC que funciona como referencia para los cálculos de control y comunicación.

Condensadores cerámicos 22 pf (4):

Cumplen la función de un filtro para eliminar el ruido que emite los osciladores.

Figura 22. Componentes de la placa de



1. PIC 16F877A
2. PIC16F628A
3. OSCILADORES DE 12 MHZ
4. CONDENSADORES CERÁMICOS 22 PF

Fuente: Propia

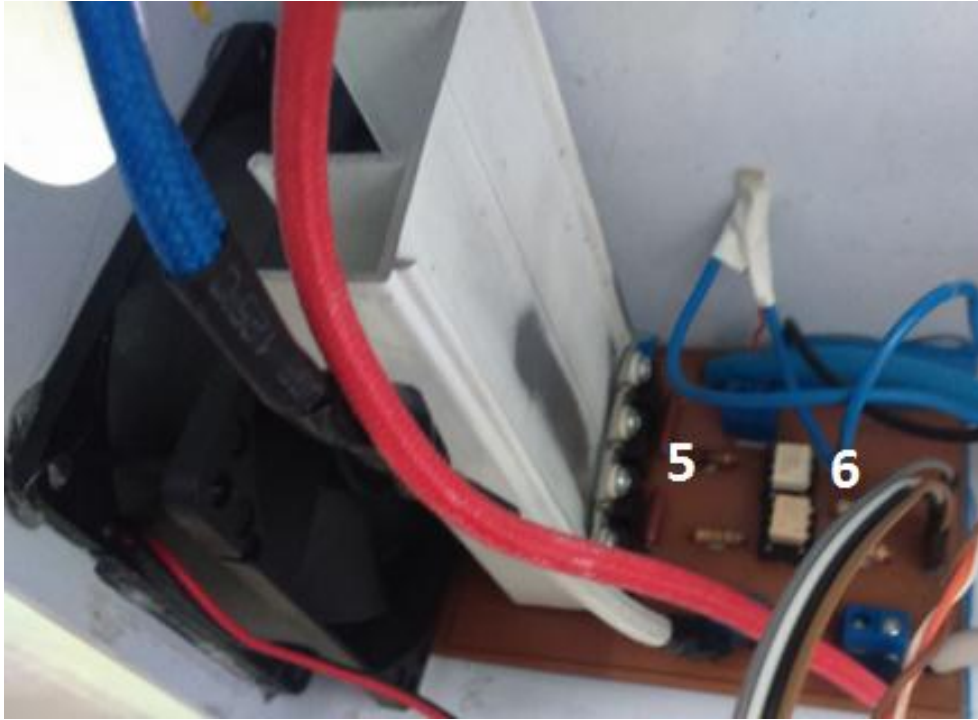
Octoacopladores moc3011 (5):

Son los elementos encargados de separar al sistema de control del sistema de potencia.

Scr bt-152800r (6):

Estos elementos cumplen la función de recortar la onda de voltaje en el tiempo establecido por nuestro sistema de control.

Figura 23. Componentes de la placa de control de Fase

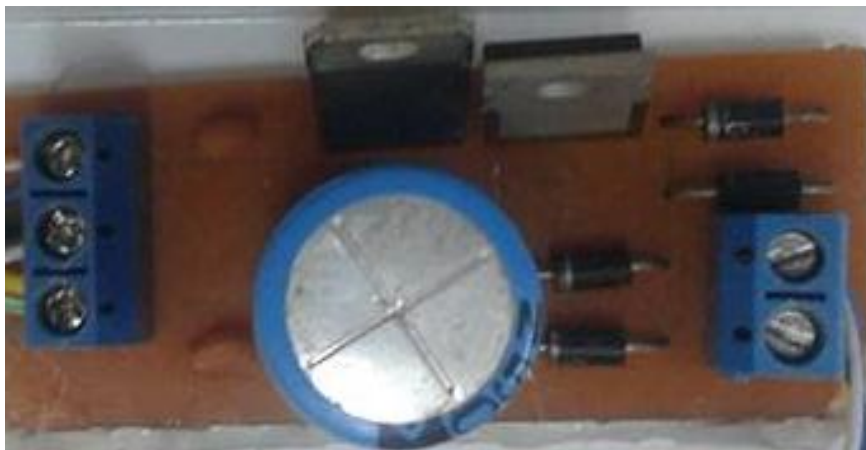


Elaborado por: Coordinadores del Proyecto.

Fuente de alimentación de 12 V a 5 V:

Esta fuente está construida para la alimentación de la placa de control.

Figura 24. Fuente de alimentación



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

Sensor de caudal YF-S201:

Este elemento tiene como finalidad censar a manera de porcentaje la cantidad de agua que ingresa al prototipo mediante una variación de voltaje debido a las revoluciones de su mecanismo.

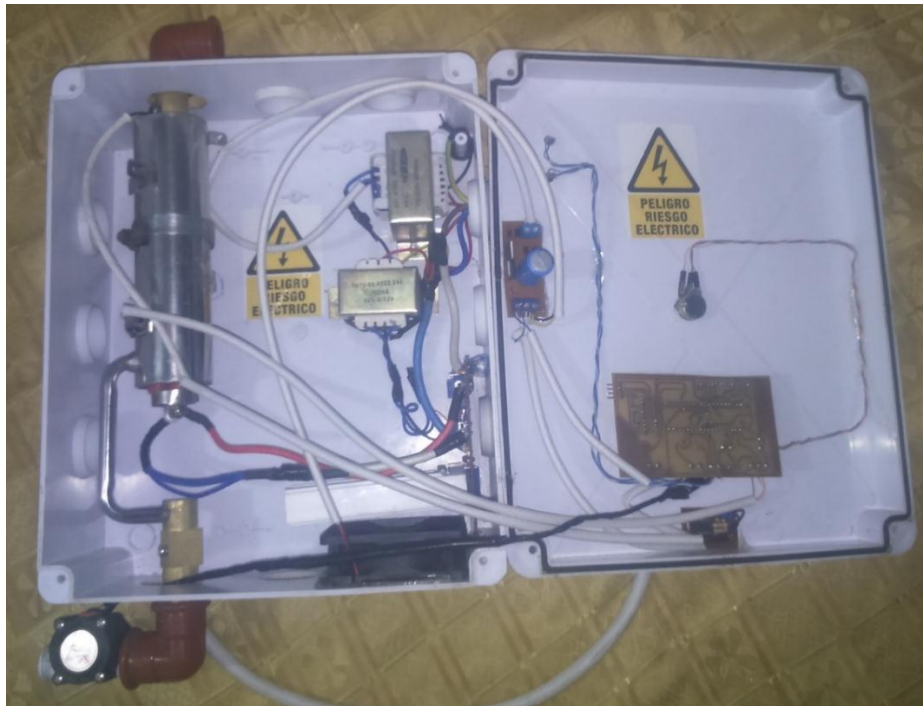
Figura 27. Sensor de Caudal YF- S201



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

Detallado cada uno de los elementos utilizados se procedió armar todos los elementos del prototipo final como se puede observar en la figura 28 la parte interna y en la figura 29 la parte frontal del prototipo.

Figura 28. Parte interna del prototipo de la ducha de inducción.



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

Figura 29. Parte externa del prototipo de la ducha de inducción.



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

Detalle de funcionamiento del prototipo

- Con el prototipo energizado entrará a un modo de reposo donde se desplegará un mensaje en el display con la siguiente información:

Figura 30. Pantalla de reposo del Prototipo.



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

El cual indica el porcentaje de potencia eléctrica a la cual va a trabajar el prototipo.

- En el prototipo encontramos dos botones un botón inicio el cual iniciara el funcionamiento del prototipo y un botón de reset el cual ara que el prototipo regrese a su estado de reposo.
- Una vez iniciado el prototipo se desplegará en el display la siguiente información:

Figura 31.Pantalla de inicio del prototipo.



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

El cual nos indica la potencia eléctrica a la que el modulo está funcionando a manera de porcentaje, el caudal del agua que ingresa al prototipo a manera de porcentaje, temperatura de salida del agua en °C y temperatura interna del módulo en °C.

El control de temperatura del prototipo al ser realizado con propósitos de prueba se lo realiza de dos maneras:

- Manipulando la potencia eléctrica del módulo y fijando un caudal constante hasta tener la temperatura deseada.
- Manipulando el caudal de agua que ingresa al prototipo y fijando una potencia eléctrica en el módulo de inducción hasta tener la temperatura deseada.

Condiciones de funcionamiento

- El prototipo debe tener un caudal superior al 5% que es 2.5 litros*minuto, caso contrario el prototipo desconectara el módulo de inducción para evitar posibles daños al usuario.

- La temperatura de salida del agua no será superior a los 35 °C, en caso de superar esta temperatura el módulo de inducción se desconectará y enviará un mensaje de temperatura elevada para evitar posibles daños al usuario y al prototipo.
- La temperatura interna de prototipo no excederá a los 50 °C, en caso de superar dicha temperatura el módulo de inducción se desconectará para evitar posibles daños dentro del prototipo.

Pruebas del prototipo.

Para la verificación del funcionamiento de la ducha a inducción, se establecen pruebas que permitan determinar parámetros eléctricos como la potencia, corriente, voltaje, entre otros para el análisis correspondiente con los gastos energéticos de las duchas eléctricas convencionales.

Por lo que se planifica una lista de pruebas en base a la metodología de investigación experimental la cual permite un procedimiento adecuado para realizar cada una de las pruebas, como se observa en la tabla 7.

En la cual establecemos parámetros fijos como el porcentaje de caudal a la entrada del prototipo medido mediante un sensor de caudal tipo YF-S201 ver figura 27, con temperatura inicial para todas las pruebas de 17 °C a temperaturas finales de 25, 27, 32 y 35 °C todas estas pruebas se la realizaron en un tiempo de 3 minutos ya que es el rango suficiente para que se estabilicen los valores.

Tabla 7. Condiciones Establecidas para las pruebas de la Ducha Eléctrica y Prototipo de Inducción

CONDICIONES ESTABLECIDAS PARA LAS PRUEBAS					
PROTOTIPO			DUCHA ELÉCTRICA		
PRUEBAS	PARÁMETROS	VALORES	PRUEBAS	PARÁMETROS	VALORES
PRUEBA 1	Caudal	35%	PRUEBA 1	Caudal	35%
	Tiempo	3 min		Tiempo	3 min
	Temperatura Inicial	17		Temperatura Inicial	17
	Temperatura Final	25		Temperatura Final	25
PRUEBA 2	Caudal	45%	PRUEBA 2	Caudal	45%
	Tiempo	3 min		Tiempo	3 min
	Temperatura Inicial	17		Temperatura Inicial	17
	Temperatura Final	27		Temperatura Final	27
PRUEBA 3	Caudal	55%	PRUEBA 3	Caudal	55%
	Tiempo	3 min		Tiempo	3 min
	Temperatura Inicial	17		Temperatura Inicial	17

	Temperatura Final	32		Temperatura Final	32
PRUEBA 4	Caudal	70%	PRUEBA 4	Caudal	70%
	Tiempo	3 min		Tiempo	3 min
	Temperatura Inicial	17		Temperatura Inicial	17
	Temperatura Final	35		Temperatura Final	35

Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

Cálculos de energías y eficiencias.

Para iniciar los cálculos de la eficiencia de nuestro prototipo se necesita saber la cantidad de energía almacenada en el agua y la energía consumida durante el tiempo de la prueba, esto en comparación a una ducha tradicional según los parámetros establecidos en la tabla 7, a continuación, se muestran los cálculos para la prueba 1 y 4 de ducha eléctrica y prototipo de inducción debido a que son las pruebas en donde observamos los aspectos con menor eficiencia y mejor eficiencia. Para el cálculo de la cantidad de energía almacenada en el agua se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_s = m * k * \Delta T \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dónde:

Q_s = Cantidad de energía almacenada

m = Masa (cantidad de agua expresada en litros)

k = Coeficiente de transferencia de calor $4.184 \text{ J}/(\text{g}^\circ\text{C})$

ΔT = Diferencia de temperatura en $^\circ\text{C}$

ENERGÍA CONSUMIDA

La energía térmica consumida se obtiene del producto entre la potencia activa consumida y el tiempo empleado durante cada una de las pruebas realizadas.

$$E_e = P_{con} * t$$

Dónde:

E_e = Energía Térmica Consumida

P_{con} = Potencia Activa consumida

t = Tiempo

EFICIENCIA ENERGÉTICA

Una vez obtenido la cantidad de energía almacenada en el agua y la energía térmica consumida para cada una de las pruebas, se procede a obtener la eficiencia térmica.

$$\eta = \frac{Q_s}{E_e} * 100\%$$

Dónde:

η = Eficiencia energética

Q_s = Cantidad de energía almacenada

E_e = Energía Térmica Consumida

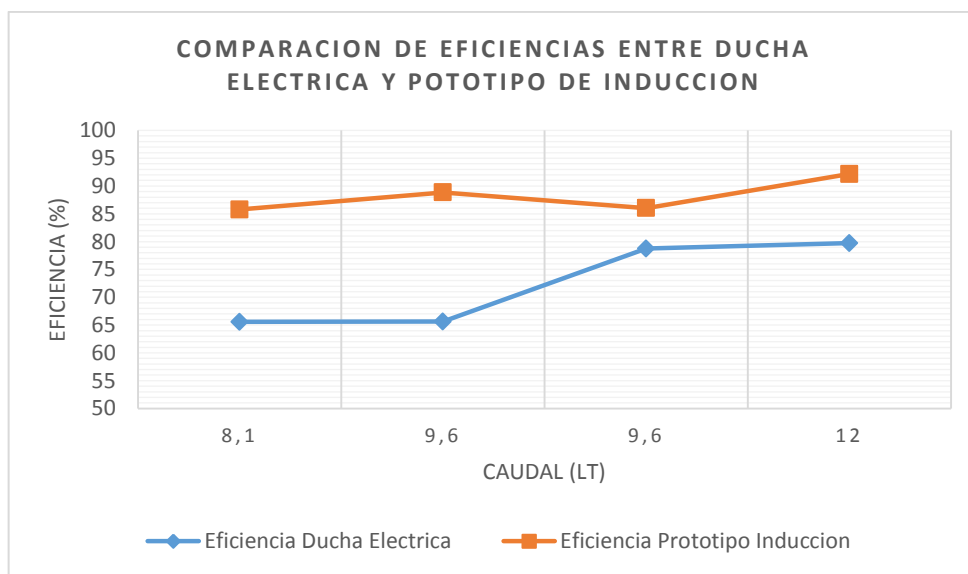
Tabla 8. Eficiencia entre Ducha Eléctrica (D.E) y el Prototipo de Inducción (P.I)

Detalle	N° de Prueba	Caudal (lt)	Temperatura		Tiempo de prueba (s)	Potencia (W)	Cantidad de energía en el agua (J)	Energía Consumida (J)	Eficiencia %
			Inicial	Final					
D.E	1	15	17	25	180	4253,398	502080	765611,64	65,58
P.I	1	15	17	25	180	3026,161	502080	544709,0624	92,17
D.E	2	12	17	27	180	4250,201	502080	765036,18	65,63
P.I	2	12	17	27	180	3241,728	502080	583511,04	86,04
D.E	3	9,6	17	32	180	4250,56	602496	765100,8	78,75
P.I	3	9,6	17	32	180	3767,467	602496	678144,1095	88,84
D.E	4	8,1	17	35	180	4250,201	610027,2	765036,18	79,74
P.I	4	8,1	17	35	180	3951,153	610027,2	711207,4882	85,77

Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

Como se puede observar en la tabla 8. La eficiencia del prototipo de inducción es mayor que la eficiencia de la ducha eléctrica tradicional teniendo eficiencias superiores a 85 % de eficiencia por lo que el Prototipo de inducción es la opción más eficiente.

Figura 32. Pantalla de inicio del prototipo.



Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

Tabla 9. Parametros eléctricos y económicos entre el prototipo de Inducción (P.I) y la Ducha Eléctrica (D.E)

Detalle	N° de Prueba	Temperatura °C		Potencia (kW)	Energía Consumida (kWh)	Energía Consumida Mensual (kWh)	Energía Consumida Anual (kWh)	Ahorro de Energía Consumida Mensual (kWh)	Consumo Eléctrico Mensual (USD)	Consumo Eléctrico Anual (USD)	Ahorro económico Mensual (USD)	Ahorro económico Anual (USD)
		Inicial	Final									
D.E	1	17	25	4253,398	4,253	127,602	1531,223		11,822	141,866		
P.I	1	17	25	3026,161	3,026	90,785	1089,418	36,817	8,34	100,116	3,479	41,75
D.E	2	17	27	4250,201	4,250	127,506	1530,072		11,813	141,757		
P.I	2	17	27	3241,728	3,242	97,252	1167,022	30,254	8,94	107,333	2,869	34,42
D.E	3	17	32	4250,560	4,251	127,517	1530,202		11,814	141,769		
P.I	3	17	32	3767,467	3,767	113,024	1356,288	14,493	10,44	125,247	1,377	16,52
D.E	4	17	35	4250,201	4,250	127,506	1530,072		11,813	141,757		
P.I	4	17	35	3951,153	3,951	118,535	1422,415	8,971	10,96	131,530	0,852	10,23

Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

Nota: D.E es el abreviado de Ducha Eléctrica

Nota: P.I es el abreviado de Prototipo de Inducción

En cuanto a los niveles de potencia se pudo observar que el prototipo genero un ahorro energético y económico según se puede apreciar en la tabla 9. Donde la comparación económica se la realiza usando los precios del kWh en cada rango de energía según lo establece la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) en su pliego tarifario para empresas, como se puede observar hay una diferencia de precios teniendo así que el prototipo presenta un ahorro económico, en comparación con una ducha eléctrica tradicional.

Calculo del TIR y VAN

En base a los datos obtenidos en las tablas anteriormente descritas se debe mencionar que en cada una de las pruebas realizadas se presenta un ahorro económico favorable a la ducha de inducción en comparación con la ducha eléctrica, para el presente cálculo se considera dos valores el de mayor y menor utilidad que se obtiene con el prototipo.

Tabla 10. Calculo del TIR y VAN a un ahorro anual de 41.75 dólares.

Cálculo del TIR y VAN	
INVERSIÓN	150,6
INGRESO	41,75
Tasa de interés	8,93%
Mantenimiento	1%

AÑO	Inversión Inicial	1	2	3	4	5
Ingreso		41,75	42,59	43,44	44,31	45,19
Mantenimiento		1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
Inversión	-150,6					
Total de Egresos	-150,6	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
Flujo de Caja	-150,6	40,24	41,08	41,93	42,80	43,69
TIR		-73%	-33%	-9%	4%	12%
VAN		\$-113,66	\$-79,04	\$-46,59	\$-16,20	\$12,29

Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

Para el análisis de índices de rentabilidad se considera el ahorro de 41.75 dólares anualmente calculado en la tabla 9, además se contempla un incremento del 2% en el costo de la luz año a año, lo cual incurre en una mayor cantidad de dinero ahorrado con la ducha prototipo, el mantenimiento de la misma se establece en un solo valor, es así que con dichos valores la TIR evalúa una rentabilidad del 12% para el quinto año financieramente hablando. En cuanto al

VAN, el proyecto refleja en el quinto año un flujo positivo de dinero comparado a la inversión inicial, es decir el proyecto es rentable.

Tabla 11. Cálculo del TIR y VAN a un ahorro anual de 10.23 dólares.

Cálculo del TIR y VAN	
INVERSIÓN	150,6
INGRESO	10,23
Tasa de interés	8,93%
Mantenimiento	1%

AÑO	Inversión Inicial	1	2	3	4	5
Ingreso		10,23	10,43	10,64	10,86	11,07
Mantenimiento		1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
Inversión	-150,6					
Total de Egresos	-150,6	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
Flujo de Caja	-150,6	8,72	8,93	9,14	9,35	9,57
TIR		-94%	-73%	-53%	-40%	-30%
VAN		\$-142,59	\$-135,07	\$-128,00	\$-121,36	\$-115,12

Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

Para el análisis de índices de rentabilidad se considera el ahorro de 10.23 dólares anualmente calculado en la tabla 9, además se contempla un incremento del 2% en el costo de la luz año a año, lo cual incurre en una mayor cantidad de dinero ahorrado con la ducha prototipo, el mantenimiento de la misma se establece en un solo valor, es así que con dichos valores la TIR evalúa una rentabilidad del -30% para el quinto año financieramente hablando. En cuanto al VAN, el proyecto refleja flujos negativos de dinero comparados la inversión inicial, sin embargo, hay que tomar en cuenta que la vida útil del proyecto que se determinó en 5 años únicamente, pero con un buen uso del prototipo este periodo puede extenderse hasta 10 años lo que equivaldría a mejor notablemente tanto el VAN como la TIR.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):

Los impactos del presente proyecto se verán reflejados de la siguiente manera:

Técnicos

El alto consumo de energía eléctrica en sistemas tradicionales de calentamiento de agua de uso en duchas a con llevado a buscar métodos más eficientes que reduzcan estos altos consumos, uno de ellos son los sistemas de inducción cuyos beneficios permitan obtener los

mismos resultados a un nivel menor de consumo de energía eléctrica incentivando así al uso de estos sistemas.

Sociales

En cuanto a los aspectos social los sistemas de inducción son apoyados por el gobierno para adaptarse de mejor manera al cambio de matriz energética, al promover dichos sistemas la adquisición y nuevos proyectos de inducción serán cada vez más baratos y rentables, el prototipo de inducción es un claro ejemplo del principio de una lista de proyectos para el beneficio de la sociedad.

Ambientales

Dentro de los aspectos ambientales podemos destacar que el prototipo de inducción tiene una vida útil de 5 años, el cual está representado por el módulo de inducción, dentro de este mismo tiempo la ducha eléctrica tradicional cuenta con una vida útil inferior por lo que se requiere mayor adquisición de duchas, lo que implica mayor consumo en materiales para la fabricación de la dicha ducha, en lo que respecta al prototipo está diseñado para reemplazar cualquier componente afectado o dañado con lo que se puede utilizar los demás elementos sin necesidad de comprar todo el equipo a diferencia de una ducha eléctrica.

Económicos

El prototipo presenta un ahorro energético lo que conlleva a un ahorro económico que va de 0.378 a 3.134 dólares por mes beneficiando a cada usuario, con el cambio de matriz energética se incentiva a que la población opte por sistemas a inducción y deje los sistemas tradiciones que son de baja eficiencia eléctrica a diferencia del Prototipo de inducción que va en un rango de 85.77% a 92.17%, alto consumo de energía que es de 4.25kW versus el prototipo de tiene 3951.15 kW y costo económico.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:

El presupuesto del proyecto está fijado en la lista de materiales utilizados.

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR	TOTAL
PIC 877A	1	8.50	8.50
PIC 62BA	1	6.50	6.50
LCD 16x2	1	6.00	6.00
Baquelitas	2	4.00	8.00
Trasformadores 220/110v	2	6.00	12.00
Sensor de caudal	1	19.00	19.00
Sensor Lm35	1	3.00	3.00
Borneras	7	0.35	2.45
Osciladores	2	1.00	2.00
Resistencias	11	0.15	0.55
Bases para PIC	2	0.30	0.60
Octoacopladores	2	0.20	0.40
SCR	4	1.75	7.00
Condensadores 22pf	4	0.15	0.60
Módulo de inducción	1	50.00	50.00
Caja Plástica con tapa	1	20.00	20.00
Ventilador 12V	1	4.00	4.00
Total			150.6

Elaborado por: Coordinadores del Proyecto

Con lo que tenemos un presupuesto de 151 dólares.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- Las alternativas del mercado para el calentamiento de agua son muy diversas entre las cuales tenemos calefones a gas, calefones eléctricos, duchas eléctricas y sistemas basados en energía renovables teniendo en su mayoría a sistemas de baja eficiencia térmica y energética instalados, ya que los sistemas con principios de inducción son relativamente nuevos son cada vez más solicitados al igual que sistemas basados en energías renovables, cabe destacar que los sistemas con uso de energía renovable presentan un costo de inversión relativamente elevado por lo que en hogares el uso de inducción es la mejor opción para el calentamiento de agua teniendo un ahorro energético y económico.

- El prototipo está diseñado para un voltaje bifásico de 220V ya que las corrientes son bajas en comparación a sistemas monofásicos de 127V, la elección de este voltaje está basado en los componentes electrónicos ya que a corrientes altas los elementos son más robustos, de mayor valor económico y existe dificultad de adquisición lo que no sucede con los elementos de corrientes bajas, para garantiza un óptimo desempeño del prototipo.
- El prototipo de inducción presente un ahorro energético de 36.8 kWh mensual y un ahorro económico representado de 41.75 dólares que se los puede apreciar en la tabla 9, con esto se puede decir que el Prototipo de inducción es la opción más viable para el calentamiento de agua en duchas.
- El prototipo presenta un ahorro energético económico donde en base a cálculos se recupera la inversión inicial a partir de los 5 años con respecto a duchas eléctricas, esto hablando con un ahorro económico anual de 41.75 a una temperatura de 25⁰C, sin contar con el apoyo gubernamental de los 20kWh mensuales al ser una ducha de inducción, en cuanto a sistemas como calefones a gas y calefones eléctricos la inversión es más elevada y una tasa de recuperación mayor que la del prototipo, con que tenemos que el prototipo supera a los sistemas de calentamiento tradicionales.

Recomendaciones.

- Las instalaciones eléctricas que requiere nuestro prototipo deben estar con cable apropiado para sistemas de 220 V, con un breaker bifásico de 220 Voltios para una corriente de 30 Amperios esto como equipo de protección.
- El uso de puesta a tierra puede ser opcional dentro del prototipo, pero para una mayor seguridad se recomienda su uso colocándola toma a tierra en la salida del agua caliente del prototipo para descartar descargas eléctricas accidentales.
- En la ducha de inducción descrita en el presente proyecto se puede realizar varios cambios estéticos con el fin de ser más amigable al usuario, como por ejemplo la utilización de una pantalla touch en vez del display, esto con el fin de facilitar la operación de la ducha al usuario.
- Como prototipo de prueba se utiliza un potenciómetro el cual regula la potencia a la que trabaja el módulo de inducción, esto se puede mejorar con la ayuda de botones los cuales nos den una potencia fija a la que pueda trabajar el modulo y con esto poder obtener temperaturas fijas a su salida de manera automática.

15. BIBLIOGRAFÍA

- ARCONEL. (Enero de 2016). *Pliegos Tarifarios para las Empresa Electricas*. Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Pliego-y-Cargos-Tarifarios-2016-01-02-2016.pdf>
- Baculima, M., & Rocano, G. (2015). *Estudio para la determinación de la producción de energía eléctrica a partir del aprovechamiento del Biogás de una granja porcina ubicada en la ciudad de azogues* .
- Carrion , M. (s.f.). *Diseño y construcción de un prototipo de cocina de inducción*.
- Carvajal , B. (s.f.). *Plan de comercio exterior y negocios internacionales de la importación de calentadores de agua solares*.
- CUSHICONDOR, E. (2009). *DISEÑO Y CONTRUCCION DE UN PROTOTIPO DE UNA COCINA DE INDUCCION ELECTROMAGNETICA*. QUITO.
- Divisor de corriente*. (27 de 05 de 2013). Obtenido de Academática:
<http://www.academática.com/divisor-de-corriente/#ixzz3I7yXwdrx>
- Escobar, A. (15 de 05 de 2012). *Representacion en sistemas por unidad*. Obtenido de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&sqi=2&ved=0CCsQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.utp.edu.co%2F~aescobar%2Fsist_pu.doc&ei=7ytaVJ6XNoWUNuCMgdgC&usg=AFQjCNGyhG1NmpTRDRmZBk4SWmOV0SoEAA&sig2=s0d2bKA0AS4ds1jyx83j1Q&bvm=
- FLORES, A. A. (2009). *SISTEMA DE CALENTAMIENTO POR INDUCCION BASADO EN UN INVERSOR MEDIO PUENTE DE CARGA RESONANTE*. SONORA.
- Generación de Armonicos de la Corriente. (2009). En W. Robbins, T. Undelam, & N. Mohan, *Convertidores, aplicaciones y diseño* (pág. 426).
- Grainger , J., & Stevenson, W. (1996). *Analisis de sistemas de Potencia* . Obtenido de Ebrary:
<http://site.ebrary.com/lib/cotopaxisp/home.action>
- GUAMAN, J., GUEVARA, D., & RIOS, A. (2014). *Evolucion historica de los circuitos electronicos de induccion magnetica*. Ambato.

- MASKANA. (s.f.). *Evolución histórica de los circuitos electrónicos de inducción magnética.*
- Ordoñez , R. (s.f.). *Aspectos Tecnológicos en el Diseño de inversores resonantes aplicados al calentamiento por inducción.*
- Quevedo , L., & Cesar , M. (2016). *Diseño y pruebas de una bobina para un calentador de agua por inducción.*
- Rivera, A., & Flores, L. (Febrero de 2016). *Diseño e implementación de un calefón a inducción electromagnética para proveer de agua caliente a viviendas unifamiliares.*

ANEXOS

ANEXO 2	CÓDIGO DEL PIC 16F877A UTILIZADO “Circuito resonante”	HOJA: 1 DE:2

//declaraciones necesarias de donde se va a conectar cada pin del LCD al PIC

```

sbit LCD_RS at RB5_bit;
sbit LCD_EN at RB4_bit;
sbit LCD_D4 at RB3_bit;
sbit LCD_D5 at RB2_bit;
sbit LCD_D6 at RB1_bit;
sbit LCD_D7 at RB0_bit;
sbit LCD_RS_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB3_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB0_bit;
//alias del pin donde está conectado el boton
sbit boton at RC0_bit;
//definir una función para el antirrebote del botón
void antirrebote();
//definir una función para obtener el ángulo del conversor ADC
unsigned short angulo();
void main() {
//iniciar la variable en cero
unsigned short ang=0;
//cadena de caracteres para mostrar angulo y porcentaje en el LCD
char txt[7],txt1[7],txtcaudal[8],numflancos=0;
int caudal=0;
//iniciar el LCD el ADC y la comunicación
lcd_init();
adc_init();
uart1_init(9600);
Delay_ms(100);
//apagar el cursor (que no sea visible)
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);
//limpiar el LCD y mostrar la presentación por 2 segundos
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
lcd_out(1,2," DUCHA A");
lcd_out(2,2," INDUCCION");
//lcd_out(1,2," Ponga Aqui");
//lcd_out(2,2," Su Nombre");
Delay_ms(2000);
OPTION_REG=0b10111111;
while(1){
inicio:
UART1_write(180); //apagar el controlador enviando 180
//si se presiona el boton ir al antirrebote y saltar a la rutina fase
if (boton==0) {
antirrebote();
goto fase;
}
//mostrar el ángulo y el texto
IntToStr(100-(angulo()*100)/180,txt);
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
lcd_out(1,1,"Esperando inicio:");
lcd_out(2,1,txt);
lcd_chr(2,8,37);
Delay_ms(200);
//regresar a inicio, para estar encerrado en esta rutina
goto inicio;
fase:
TMR0=0;
Delay_ms(1000);
numflancos=TMR0;
caudal=2*numflancos;
//si se presiona el botón ir a inicio

```

ANEXO 2	CIRCUITOS DE CONTROL UTILIZADOS Y CÓDIGO DEL PIC 16F877A	
		HOJA: 2 DE:2

```

if (boton==0){
  antirrebote();ang=0;
  goto inicio;
}
//obtener el ángulo mediante la función
if (caudal>0)
  ang=angulo();
else
  ang=180;
//enviar el angulo por el módulo UART
UART1_write(ang);
//convertir el número a texto para mostrar en el LCD
IntToStr(ang,txt);
//acondicionar a porcentaje y convertir a texto
IntToStr(100-ang*0.56,txt1);
IntToStr(caudal,txtcaudal);
//limpiar el LCD y mostrar las variables y el texto
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
if (caudal>0)
  lcd_out(1,15,"SI");
else
  lcd_out(1,15,"NO");
  lcd_out(1,1,"Flujo de agua:");
  lcd_out(2,10,txt1);
  lcd_out(2,1,"Porcentaje:");
  //son los simbolos de ° y de %
  //lcd_chr(1,16,223);
  lcd_chr(2,16,37);
  Delay_ms(100);
  //encerrar en el ciclo fase
  goto fase;
}
}
//función para el antirrebote del botón
void antirrebote(){
  while (boton==0);
  Delay_ms(100);
}
//obtener la lectura del ADC (0-1023) y acondicionar a (0-180)
unsigned short angulo (){
  unsigned short ang;
  ang=adc_read(0)*0.177;
  return ang;
}

```

ANEXO 3	CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO “Círcuito resonante”	HOJA: 1 DE:1

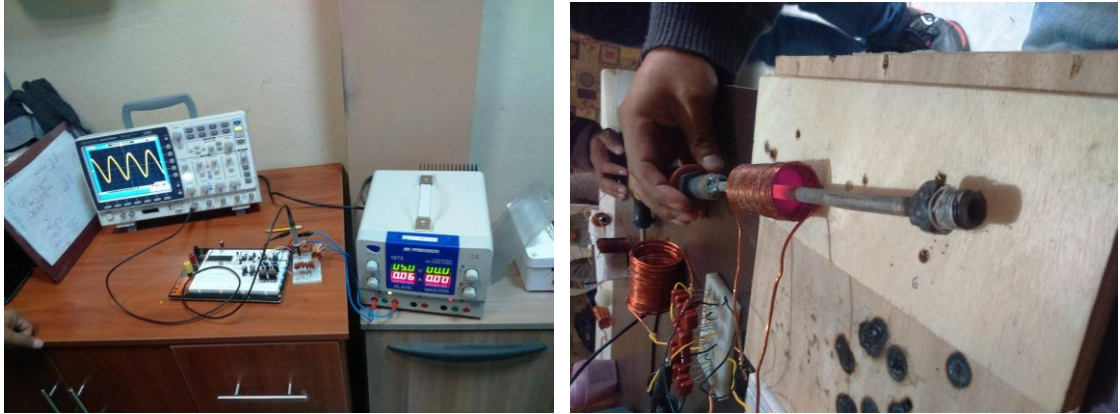
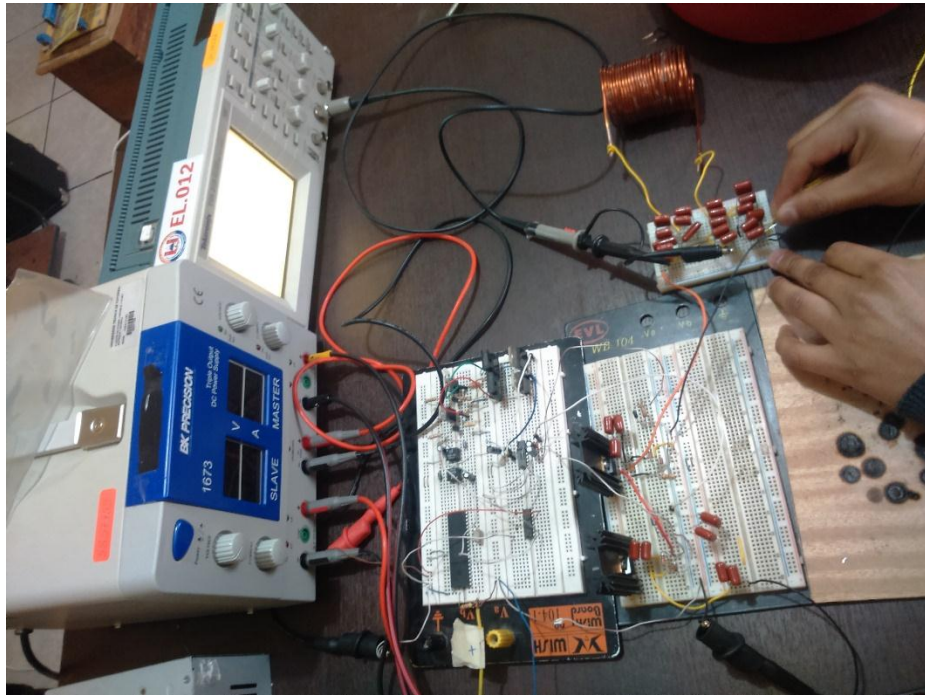


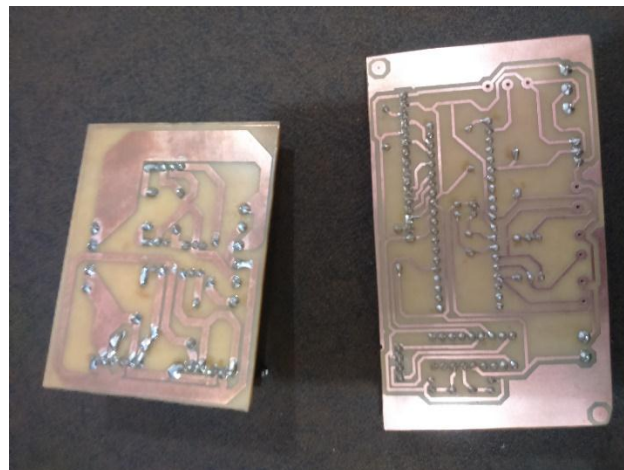
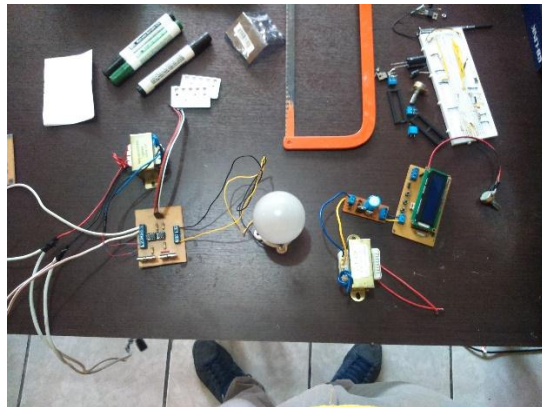
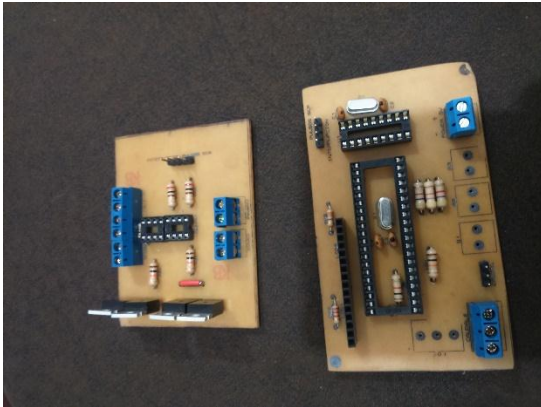
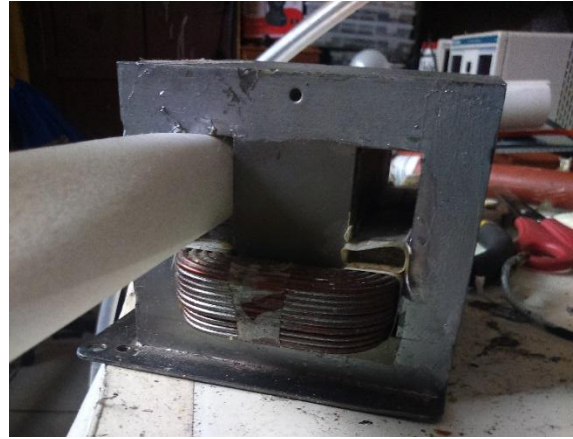
Figura 33. modelo



ANEXO 4

**CONSTRUCCIÓN DEL
PROTOTIPO
“Trasformador”**

HOJA: 1 DE:1



ANEXO 5	PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LA PRUEBA 1 A LA DUCHA ELÉCTRICA.			HOJA: 1 DE:1	

TIEMPO [s]	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	POTENCIA ACTIVA [W]	POTENCIA APARENTE [VA]	FACTOR DE POTENCIA
5	117,96	35,3	4163,99	4163,99	1
10	117,97	35,4	4134,38	4176,14	0,99
15	117,81	35,4	4045,36	4170,47	0,97
20	118,04	35,5	4190,42	4190,42	1
25	117,8	35,4	4045,02	4170,12	0,97
30	118,14	35,5	4152,03	4193,97	0,99
35	118,38	35,6	4214,33	4214,33	1
40	118,45	35,6	4048,15	4216,82	0,96
45	117,83	35,4	4129,47	4171,18	0,99
50	117,51	35,3	4106,62	4148,10	0,99
55	117,59	35,4	4121,06	4162,69	0,99
60	118,22	35,6	4166,55	4208,63	0,99
65	117,67	35,4	4123,86	4165,52	0,99
70	118,28	35,6	4210,77	4210,77	1
75	118,57	35,7	4232,95	4232,95	1
80	118,79	35,7	4240,80	4240,80	1
85	118,55	35,7	4232,24	4232,24	1
90	118,81	35,8	4253,40	4253,40	1
95	118,7	35,7	4237,59	4237,59	1
100	118,71	35,7	4195,57	4237,95	0,99
105	118,12	35,5	4193,26	4193,26	1
110	118,03	35,5	4148,16	4190,07	0,99
115	118,17	35,6	4206,85	4206,85	1
120	118,44	35,6	4216,46	4216,46	1
125	118,89	35,8	4213,70	4256,26	0,99
130	118,48	35,6	4217,89	4217,89	1
135	118,56	35,7	4232,59	4232,59	1
140	118,26	35,6	4167,96	4210,06	0,99
145	118,21	35,6	4166,19	4208,28	0,99
150	118,11	35,5	4150,98	4192,91	0,99
155	118,32	35,6	4212,19	4212,19	1
160	118,19	35,5	4195,75	4195,75	1
165	118,08	35,5	4149,92	4191,84	0,99
170	117,96	35,5	4145,70	4187,58	0,99
175	117,92	35,5	4186,16	4186,16	1
180	117,7	35,4	4124,91	4166,58	0,99

ANEXO 6	PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LA PRUEBA 1 AL PROTOTIPO				
				HOJA: 1 DE:1	

TIEMPO [s]	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	POTENCIA ACTIVA [W]	POTENCIA APARENTE [VA]	FACTOR DE POTENCIA
5	225,87	19,95	4055,70	4506,33	0,9
10	226,37	20,07	4089,13	4543,47	0,9
15	225,97	20,00	4068,07	4520,08	0,9
20	225,16	19,50	3951,15	4390,17	0,9
25	226,06	20,30	4129,71	4588,57	0,9
30	226,55	20,36	4150,69	4611,88	0,9
35	226,01	20,25	4119,85	4577,61	0,9
40	225,85	20,16	4097,42	4552,68	0,9
45	226,38	20,35	4145,54	4606,15	0,9
50	226,34	20,35	4144,40	4604,89	0,9
55	226,03	20,30	4128,96	4587,73	0,9
60	226,05	20,31	4131,15	4590,17	0,9
65	226,14	20,39	4149,69	4610,77	0,9
70	226,32	20,41	4156,66	4618,51	0,9
75	226,61	20,43	4166,07	4628,96	0,9
80	227,25	20,49	4191,13	4656,81	0,9
85	226,33	20,35	4144,62	4605,14	0,9
90	226,13	20,33	4137,30	4597,00	0,9
95	226,3	20,30	4134,91	4594,34	0,9
100	225,68	19,98	4058,38	4509,31	0,9
105	226,62	20,43	4165,84	4628,71	0,9
110	226,52	20,42	4162,58	4625,09	0,9
115	225,77	20,09	4081,54	4535,04	0,9
120	226,46	20,27	4131,11	4590,12	0,9
125	226,07	20,19	4107,10	4563,45	0,9
130	225,48	20,09	4076,30	4529,22	0,9
135	225,18	20,01	4054,25	4504,73	0,9
140	225,41	20,15	4088,62	4542,91	0,9
145	225,17	19,90	4032,59	4480,66	0,9
150	226,04	20,31	4130,77	4589,74	0,9
155	226,21	20,36	4145,89	4606,54	0,9
160	226,7	20,43	4168,13	4631,25	0,9
165	226,67	20,43	4167,99	4631,09	0,9
170	226,25	20,40	4153,54	4615,05	0,9
175	226,4	20,30	4136,12	4595,69	0,9
180	226,3	20,09	4090,71	4545,24	0,9

ANEXO 7	PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LA PRUEBA 2 A LA DUCHA ELÉCTRICA.	
		HOJA: 1 DE:1

TIEMPO [s]	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	POTENCIA ACTIVA [W]	POTENCIA APARENTE [VA]	FACTOR DE POTENCIA
5	117,37	35,4	4154,90	4154,90	1
10	117,42	35,6	4138,35	4180,15	0,99
15	117,63	35,8	4211,15	4211,15	1
20	117,72	35,8	4214,38	4214,38	1
25	117,42	35,8	4203,64	4203,64	1
30	117,75	35,9	4227,23	4227,23	1
35	117,69	35,8	4213,30	4213,30	1
40	117,28	35,7	4186,90	4186,90	1
45	117,24	35,7	4185,47	4185,47	1
50	117,25	35,7	4143,97	4185,83	0,99
55	117,44	35,8	4162,31	4204,35	0,99
60	118,39	35,9	4250,20	4250,20	1
65	117,93	35,8	4221,89	4221,89	1
70	118,22	35,8	4232,28	4232,28	1
75	118,34	35,9	4248,41	4248,41	1
80	118,3	35,9	4246,97	4246,97	1
85	117,6	35,8	4167,98	4210,08	0,99
90	117,64	35,8	4211,51	4211,51	1
95	117,66	35,8	4212,23	4212,23	1
100	117,77	35,9	4227,94	4227,94	1
105	117,62	35,8	4210,80	4210,80	1
110	117,76	35,8	4215,81	4215,81	1
115	117,65	35,8	4211,87	4211,87	1
120	117,48	35,8	4205,78	4205,78	1
125	117,65	35,8	4211,87	4211,87	1
130	117,59	35,8	4167,62	4209,72	0,99
135	117,65	35,8	4211,87	4211,87	1
140	117,34	35,7	4189,04	4189,04	1
145	117,22	35,7	4184,75	4184,75	1
150	117	35,6	4165,20	4165,20	1
155	116,92	35,6	4162,35	4162,35	1
160	117,24	35,7	4143,61	4185,47	0,99
165	117,52	35,8	4165,14	4207,22	0,99
170	117,62	35,8	4210,80	4210,80	1
175	117,64	35,8	4211,51	4211,51	1
180	117,79	35,9	4186,37	4228,66	0,99

ANEXO 8	PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LA PRUEBA 2 AL PROTOTIPO				
				HOJA: 1 DE:1	

TIEMPO [s]	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	POTENCIA ACTIVA [W]	POTENCIA APARENTE [VA]	FACTOR DE POTENCIA
5	224,43	19,343	3907,03	4341,15	0,9
10	224,87	19,358	3917,73	4353,03	0,9
15	226,34	19,597	3992,03	4435,58	0,9
20	226,44	19,592	3992,77	4436,41	0,9
25	226,41	19,495	3972,48	4413,86	0,9
30	225,32	19,451	3944,43	4382,70	0,9
35	225,27	19,051	3862,46	4291,62	0,9
40	223,16	18,828	3781,49	4201,66	0,9
45	226,06	19,392	3945,38	4383,76	0,9
50	226,53	19,298	3934,42	4371,58	0,9
55	226,66	19,385	3954,42	4393,80	0,9
60	226,18	19,367	3942,39	4380,43	0,9
65	225,52	19,298	3916,88	4352,08	0,9
70	224,25	18,667	3767,47	4186,07	0,9
75	226,16	19,299	3928,20	4364,66	0,9
80	226,97	19,307	3943,90	4382,11	0,9
85	226,91	19,302	3941,84	4379,82	0,9
90	226,05	19,212	3908,59	4342,87	0,9
95	226,67	19,397	3957,05	4396,72	0,9
100	226,7	19,407	3959,61	4399,57	0,9
105	226,53	19,485	3972,54	4413,94	0,9
110	226,72	19,507	3980,36	4422,63	0,9
115	226,04	19,561	3979,41	4421,57	0,9
120	226,62	19,481	3973,31	4414,78	0,9
125	226,4	19,454	3963,95	4404,39	0,9
130	226,26	19,398	3950,09	4388,99	0,9
135	226,75	19,409	3960,89	4400,99	0,9
140	226	19,308	3927,25	4363,61	0,9
145	226,39	19,331	3938,71	4376,35	0,9
150	226,86	19,491	3979,56	4421,73	0,9
155	226,55	19,137	3901,94	4335,49	0,9
160	226,27	19,458	3962,49	4402,76	0,9
165	226,98	19,374	3957,76	4397,51	0,9
170	226,7	19,339	3945,74	4384,15	0,9
175	225,94	19,087	3881,27	4312,52	0,9
180	226,39	19,1	3891,64	4324,05	0,9

ANEXO 9	PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LA PRUEBA 3 A LA DUCHA ELÉCTRICA.	HOJA: 1 DE:1

TIEMPO [s]	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	POTENCIA ACTIVA [W]	POTENCIA APARENTE [VA]	FACTOR DE POTENCIA
5	117,64	35,5	4134,46	4176,22	0,99
10	117,72	35,6	3813,66	4190,83	0,91
15	117,68	35,6	4147,51	4189,41	0,99
20	117,91	35,7	4209,39	4209,39	1
25	118,15	35,8	4229,77	4229,77	1
30	118,22	35,8	4189,95	4232,28	0,99
35	118,4	35,9	4250,56	4250,56	1
40	118,3	35,8	4235,14	4235,14	1
45	118,16	35,8	4187,83	4230,13	0,99
50	118,09	35,7	4215,81	4215,81	1
55	118,14	35,8	4187,12	4229,41	0,99
60	118,19	35,8	4188,89	4231,20	0,99
65	118,15	35,8	4229,77	4229,77	1
70	118,19	35,8	4231,20	4231,20	1
75	118,21	35,8	4231,92	4231,92	1
80	118,24	35,8	4232,99	4232,99	1
85	118,08	35,7	4215,46	4215,46	1
90	118,13	35,8	4229,05	4229,05	1
95	118,06	35,7	4172,59	4214,74	0,99
100	118,1	35,7	4174,01	4216,17	0,99
105	118,18	35,8	4230,84	4230,84	1
110	118,09	35,7	4215,81	4215,81	1
115	118,14	35,7	4175,42	4217,60	0,99
120	118,2	35,8	4189,24	4231,56	0,99
125	118,08	35,7	4215,46	4215,46	1
130	118,15	35,7	4217,96	4217,96	1
135	118,13	35,7	4175,07	4217,24	0,99
140	118,07	35,7	4172,95	4215,10	0,99
145	117,97	35,7	4211,53	4211,53	1
150	117,95	35,7	4168,71	4210,82	0,99
155	117,68	35,6	4147,51	4189,41	0,99
160	117,67	35,6	4189,05	4189,05	1
165	117,56	35,5	4173,38	4173,38	1
170	117,71	35,6	4190,48	4190,48	1
175	117,8	35,6	4193,68	4193,68	1
180	117,61	35,5	4133,40	4175,16	0,99

ANEXO 10	PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LA PRUEBA 3 AL PROTOTIPO				
				HOJA: 1 DE:1	

TIEMPO [s]	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	POTENCIA ACTIVA [W]	POTENCIA APARENTE [VA]	FACTOR DE POTENCIA
5	226,05	16,01	3257,15	3619,06	0,9
10	226,9	16,12	3292,68	3658,54	0,9
15	226,9	16,12	3292,48	3658,31	0,9
20	226,03	15,95	3245,07	3605,63	0,9
25	226,74	16,20	3305,87	3673,19	0,9
30	226,61	16,15	3294,39	3660,43	0,9
35	225,91	16,15	3284,42	3649,35	0,9
40	225,96	16,15	3285,14	3650,16	0,9
45	224,54	16,20	3273,79	3637,55	0,9
50	224,65	16,25	3284,70	3649,66	0,9
55	226,84	16,25	3317,13	3685,70	0,9
60	226,19	16,26	3310,06	3677,85	0,9
65	226,1	16,22	3300,81	3667,57	0,9
70	225,87	16,15	3283,43	3648,25	0,9
75	226,03	16,27	3308,74	3676,38	0,9
80	226,23	16,23	3304,13	3671,26	0,9
85	226,37	16,27	3314,12	3682,36	0,9
90	225,76	16,25	3302,55	3669,50	0,9
95	225,35	16,12	3269,58	3632,87	0,9
100	225,64	16,00	3249,22	3610,24	0,9
105	225,71	16,00	3250,22	3611,36	0,9
110	226	16,23	3302,00	3668,88	0,9
115	225,33	16,11	3267,47	3630,52	0,9
120	225,31	16,23	3291,31	3657,01	0,9
125	225,32	16,23	3292,06	3657,84	0,9
130	225,77	16,20	3291,93	3657,70	0,9
135	225,25	16,27	3297,32	3663,69	0,9
140	225,9	16,18	3289,56	3655,06	0,9
145	225,56	16,26	3301,25	3668,06	0,9
150	225,86	16,00	3252,59	3613,99	0,9
155	225,86	16,02	3257,26	3619,18	0,9
160	225,4	16,27	3299,52	3666,13	0,9
165	225,04	16,22	3285,34	3650,37	0,9
170	225,12	16,00	3241,73	3601,92	0,9
175	225,89	15,96	3245,09	3605,66	0,9
180	226,98	16,00	3267,49	3630,55	0,9

ANEXO 11	PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LA PRUEBA 4 A LA DUCHA ELÉCTRICA.	HOJA: 1 DE:1

TIEMPO [s]	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	POTENCIA ACTIVA [W]	POTENCIA APARENTE [VA]	FACTOR DE POTENCIA
5	117,59	35,8	4167,62	4209,72	0,99
10	117,69	35,9	4182,82	4225,07	0,99
15	117,68	35,9	4224,71	4224,71	1
20	117,66	35,9	4223,99	4223,99	1
25	117,61	35,9	4222,20	4222,20	1
30	117,51	35,9	4218,61	4218,61	1
35	117,6	35,9	4179,62	4221,84	0,99
40	117,45	35,8	4162,66	4204,71	0,99
45	117,34	35,8	4200,77	4200,77	1
50	118,21	35,7	4220,10	4220,10	1
55	117,3	35,8	4199,34	4199,34	1
60	117,24	35,8	4197,19	4197,19	1
65	117,7	35,9	4183,18	4225,43	0,99
70	117,64	35,9	4181,04	4223,28	0,99
75	117,67	35,9	4224,35	4224,35	1
80	117,74	35,9	4226,87	4226,87	1
85	118,59	35,9	4214,81	4257,38	0,99
90	117,59	35,9	4179,27	4221,48	0,99
95	117,62	35,9	4180,33	4222,56	0,99
100	117,68	35,9	4224,71	4224,71	1
105	117,54	35,8	4165,85	4207,93	0,99
110	117,5	35,8	4164,44	4206,50	0,99
115	118,6	35,9	4215,16	4257,74	0,99
120	117,54	35,8	4165,85	4207,93	0,99
125	117,47	35,8	4205,43	4205,43	1
130	117,29	35,8	4198,98	4198,98	1
135	117,54	35,9	4177,49	4219,69	0,99
140	117,69	35,9	4182,82	4225,07	0,99
145	117,66	35,9	4181,75	4223,99	0,99
150	118,39	35,9	4250,20	4250,20	1
155	118,3	35,9	4204,50	4246,97	0,99
160	117,56	35,9	4178,20	4220,40	0,99
165	117,62	35,9	4222,56	4222,56	1
170	117,69	35,9	4225,07	4225,07	1
175	117,55	35,9	4220,05	4220,05	1
180	117,27	35,8	4198,27	4198,27	1

ANEXO 12	PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LA PRUEBA 4 AL PROTOTIPO	
		HOJA: 1 DE:1

TIEMPO [s]	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	POTENCIA ACTIVA [W]	POTENCIA APARENTE [VA]	FACTOR DE POTENCIA
5	226,56	15,36	3131,97	3479,96	0,9
10	226,47	15,35	3129,50	3477,22	0,9
15	226,12	15,13	3078,67	3420,74	0,9
20	226	15,00	3051,00	3390,00	0,9
25	226,73	15,42	3145,54	3495,04	0,9
30	226,36	15,26	3108,22	3453,57	0,9
35	226,74	15,35	3132,82	3480,91	0,9
40	226,82	15,42	3148,01	3497,79	0,9
45	226,22	15,25	3105,68	3450,76	0,9
50	226,01	15,01	3053,98	3393,31	0,9
55	227,02	15,45	3156,51	3507,23	0,9
60	226,69	15,35	3131,93	3479,92	0,9
65	226,58	15,26	3111,24	3456,93	0,9
70	226,92	15,40	3144,91	3494,34	0,9
75	226,05	15,10	3072,43	3413,81	0,9
80	226,71	15,38	3137,71	3486,35	0,9
85	225,64	15,26	3099,75	3444,17	0,9
90	225,64	15,26	3099,14	3443,49	0,9
95	225,93	15,31	3113,50	3459,44	0,9
100	225,78	15,22	3092,53	3436,15	0,9
105	225,78	15,21	3090,70	3434,11	0,9
110	225,76	15,21	3090,84	3434,26	0,9
115	225,75	15,21	3090,70	3434,11	0,9
120	225,42	15,20	3083,34	3425,93	0,9
125	224,84	15,44	3124,17	3471,30	0,9
130	225,32	15,45	3132,87	3480,97	0,9
135	225,03	15,43	3124,59	3471,76	0,9
140	224,79	15,02	3038,10	3375,67	0,9
145	224,65	15,01	3034,39	3371,55	0,9
150	224,19	15,00	3026,16	3362,40	0,9
155	225,04	15,09	3057,08	3396,75	0,9
160	225,18	15,10	3059,99	3399,99	0,9
165	224,89	15,08	3051,80	3390,89	0,9
170	224,54	15,00	3031,29	3368,10	0,9
175	224,78	15,00	3034,53	3371,70	0,9
180	225,31	15,35	3113,06	3458,96	0,9