



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES DE CONSUMO
ENERGÉTICO PARA LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LÁCTEOS Y
MERMELADAS EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE NONO.”

Autores

Karen Lisbeth Moposita Armas
Xavier Antonio Noboa López

Año

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES DE CONSUMO
ENERGÉTICO PARA LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LÁCTEOS Y
MERMELADAS EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE NONO.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingenieros en Electrónica y Redes de
Información.

Profesor Guía

Ph.D. Jean-Michel Clairand

Autores

Karen Lisbeth Moposita Armas
Xavier Antonio Noboa López

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Diseño de un sistema de monitoreo de variables de consumo energético para los procesos de producción de lácteos y mermeladas en la granja experimental de Nono, a través de reuniones periódicas con los estudiantes Karen Lisbeth Moposita Armas y Xavier Antonio Noboa López, en el semestre 201920, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Jean-Michel Clairand
Doctor en Ingeniería y Producción Industrial
Número cédula: 171473668-1

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Diseño de un sistema de monitoreo de variables de consumo energético para los procesos de producción de lácteos y mermeladas en la granja experimental de Nono, de Karen Lisbeth Moposita Armas y Xavier Antonio Noboa López, en el semestre 201920, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Wilmar Hernández Perdomo
Doctor en Ingeniería Electrónica
C.I: 0151721016

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Karen Lisbeth Moposita Armas

CI: 1721532578

Xavier Antonio Noboa López

CI: 1719092320

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a Dios por brindarnos la fuerza para seguir con nuestros sueños y alcanzar grandes logros en la vida.

A nuestros docentes que nos han dado las bases para llegar a ser profesionales y con buenos conocimientos, siempre buscando ser mejores cada día.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedicamos a Dios, que nos ha dado la inspiración para llegar a ser quienes somos y lograr alcanzar esta meta tan ansiada de llegar a ser profesionales.

A nuestros padres que se han esforzado por darnos todo para lograr ser profesionales, además de su amor y la constante enseñanza que nos han dado desde niños.

RESUMEN

El presente documento detalla el diseño de un sistema de medición de variables, que forma parte del proyecto de investigación de la UDLA con código SIS.JCG.19.01. Para el diseño se realizó un estudio del estado del arte de documentos afines, también de los procesos que se realizan dentro de la granja experimental de Nono de la UDLA, en donde se evalúa que sensores se utilizarán y que tipo de tecnología de comunicación va a requerir la granja. Todos estos sensores y tecnologías se deben adaptar a los procesos de la granja sin que estos mismos afecten la producción o el producto. Adicionalmente, se plantean técnicas que permitirán un ahorro energético a futuro. Una metodología interesante aplicable a este caso consiste en apagar por ciertas horas del día las áreas de refrigeración, dado que, según un caso de estudio se puede realizar esto sin afectar al producto final, basándose en la temperatura del ambiente, como del cuarto de producción y del área de refrigeración, por lo que se puede alcanzar un balance para lograr dicho planteamiento. El diseño del sistema de medición planteado busca recolectar la mayor cantidad de datos de las variables requeridas, es por ende que se va a plantear el tipo de sistema de recolección de datos que se puede ocupar. Este diseño es una propuesta por parte del área de investigación de la Universidad de las Américas, por lo cual se contará con un presupuesto real para el mismo y pasará por cotización en varias empresas. La fase siguiente a este diseño constara de la implementación de este por una empresa externa a la universidad, para luego de ello lograr un análisis y evaluación del funcionamiento del diseño, para así buscar técnicas que mejoren la eficiencia energética del mismo y algún acontecimiento dado.

ABSTRACT

This document details the design of a variable measurement system, which is part of the UDLA research project with code SIS.JCG.19.01. For the design, a study of the state of the art of related documents was carried out, also of the processes that are carried out within the experimental farm of Nono of the UDLA, where it is evaluated what sensors will be used and what type of communication technology will require the farm. All these sensors and technologies must be adapted to the farm processes without affecting the production or the product. Additionally, techniques are proposed that will allow future energy savings. An interesting methodology applicable to this case is to turn off the refrigeration areas for certain hours of the day, since, according to a case study, this can be done without affecting the final product, based on the ambient temperature, such as the production room and of the refrigeration area, so that a balance can be reached to achieve this approach. The design of the proposed measurement system seeks to collect the greatest amount of data from the required variables, which is why the type of data collection system that can be used will be considered. This design is a proposal by the research area of the University of the Americas, so there will be a real budget for it and will be quoted in several companies. The phase following this design will consist of the implementation of this by a company outside the university, to then achieve an analysis and evaluation of the operation of the design, in order to seek techniques that improve its energy efficiency and a given event.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESARROLLO	4
2.1.Estado actual.....	4
2.1.1. Estadísticas sector agrícola	4
2.2.Marco teórico.....	22
2.2.1. Eficiencia Energética	22
2.2.2. Sensor	26
2.2.3. Sistemas de adquisición de datos.....	37
2.2.4. Métodos de transmisión.....	38
3. ESTADO DEL ARTE	51
3.1.Comunicación.....	52
3.2.Sensores	65
3.3.Sistemas de medición	78
3.4.Síntesis de ventajas y limitaciones de los circuitos.....	96
4. DESARROLLO Y DISEÑO	103
4.1.Granja de Nono	103
4.1.1. Descripción del caso de estudio: Granja de Nono	103
4.1.2. Descripción del proceso de lácteos	108
4.1.3. Descripción de la producción de la mermelada	109
4.2.Diseño	110
4.2.1. Requerimientos necesarios para el caso de estudio.....	110

4.2.2. Diseño técnico	121
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
5.1.Conclusiones.....	126
5.2.Recomendaciones.....	127
REFERENCIAS.....	128
ANEXOS	139

1. INTRODUCCIÓN

En los años 50 toma impulso la industria ecuatoriana aprovechando la bonanza debido a la producción bananera de ese entonces. A partir de la inversión externa las industrias de tabaco, alimentos y bebidas evolucionan considerablemente en nuestro país. La industria de alimentos dentro del país es una de las más antiguas, y presenta un crecimiento de PIB que aporta el 40% del total en la industria manufacturera, lo cual nos dice que es una rama importante dentro de la economía del país.

Los problemas ambientales que existen en el mundo, como son la contaminación del aire, del agua y la deforestación, influyen de manera negativa en el hábitat de nuestro país. A esto se debe sumar el cambio climático global, en el cual los efectos a mediano y largo plazo son muy críticos debido a que ponen en riesgo la biodiversidad y la calidad de vida. En el caso particular del Ecuador, este presenta una serie de debilidades las cuales no permiten que se desarrolle el sector agrícola ni industrial, y entre sus debilidades principales tenemos: las deficiencias energéticas y la degradación medio ambiental.

En los últimos años, ha existido también dentro del sector industrial mucha presión debido a que se busca reducir de manera significativa las fuentes de contaminación. Actualmente nos encontramos en un proceso donde se necesita de la eficiencia energética, que consiste en el conjunto de técnicas para optimizar la energía consumida y los productos que se obtienen lo cual se logra mediante la implementación de mejores hábitos de consumo e inversiones a nivel tecnológico. Al momento se han realizado pocas acciones en la industria alimentaria con respecto a la eficiencia energética y esta es una industria que consume mucha energía y a veces es mal aprovechada.

Varios estudios han analizado las diferentes estrategias de eficiencia energética en las industrias desde 1988, en donde (LeBlanc, 1988) estudió las modificaciones de la carga eléctrica en las bombas agrícolas, demostrando que se podía reducir la carga hasta en un 20%. Los autores de (Nunes, Silva, Andrade, & Gaspar, 2016) estudiaron el uso de energía en las industrias de

embutidos en Portugal. Se demostraron varias ineficiencias energéticas como el débil aislamiento térmico y pérdidas en la refrigeración. Los autores de (Rogers & Rasmussen, 2018) estudiaron las diferentes oportunidades para los consumidores en industrias y comercios, para la técnica de “desplazamiento de carga”. Los autores concluyen que las industrias son los espacios menos flexibles y que por esa razón tenemos que investigar más sobre aquello.

En (Lima, Ribeiro, & Perez, 2018), se indica que la mayor proporción de industrias lácteas en Brasil son pequeñas y microindustrias (54,1% y 24,3% respectivamente), lo cual es similar en la mayoría de los países sudamericanos. Igualmente, el estudio indicó que existen ineficiencias energéticas significativas, por lo que es necesario desarrollar políticas y estrategias para el sector.

También la demanda de productos alimenticios dentro de la sociedad representa un desafío para el sector ganadero, y por ello desde el año 2008 se creó una iniciativa llamada Smart Farming que es de agricultura inteligente y esta fue creada por la compañía DeLaval, y se trata de integrar la automatización industrial y la tecnología de la información con el fin de crear un sistema el cual va a ayudar en la productividad y los beneficios obtenidos por la actividad ganadera. Para poder realizar nuevas técnicas de eficiencia energética se tiene que conocer y tener en cuenta los perfiles de consumo existentes en la granja, la cual es nuestro caso es la Granja experimental de NONO.

Este proyecto se enfoca en cuatro puntos importantes a realizar los cuales se detallan a continuación:

- En un comienzo, se efectuará un análisis de las principales tecnologías energéticas que se han desarrollado en las industrias agroalimentarias, con el fin de conocer que han aportado otros autores en la industria, para así aplicarlas a la granja experimental enfocados en la realidad ecuatoriana.
- Como segundo punto se debe realizar un estado del arte de los sistemas de monitoreo existentes en diferentes áreas enfocándonos en la eficiencia

energética. En esta parte vamos a identificar las virtudes y limitaciones de lo que se ha implementado y así examinar lo que se puede adaptar para aportar una solución innovadora, dentro de nuestro diseño.

- El tercer punto es el de analizar los procesos de la granja experimental de NONO, para que a partir de los análisis anteriores se pueda adaptar a nuestro entorno de estudio y así poder realizar el diseño.
- Como último punto se diseñará el sistema de medición de variables que le va a permitir a la empresa encargada armar el sistema, dando evaluación de costos y midiendo los lugares exactos donde están las variables críticas: potencia, temperatura, presión y humedad.

El calentamiento climático y el agotamiento de los combustibles fósiles obligan a buscar nuevas alternativas para la energía eléctrica. Estas medidas incluyen la eficiencia energética en los hogares y los comercios. Sin embargo, existen menos controles sobre las industrias, que son grandes consumidoras de energía eléctrica, pero que al mismo tiempo tienen una carga eléctrica poco flexible, debido a procesos muchas veces rígidos.

Se debe buscar buenas técnicas para lograr la eficiencia energética para optimizar costos y emisiones, dado que el ahorro energético, y el consumo responsable de la energía son indispensables. Para poder reducir el consumo de energía y usarlo de una forma más eficiente, se puede invertir en un equipamiento energéticamente eficiente, y que, además posea medidas de ahorro energético, de esta manera todos podemos adoptar un mejor estilo de vida con respecto al uso de la energía, adaptando nuestro comportamiento, para así lograr una reducción de gastos, en algunos casos innecesarios y así también de energía que se estaría desaprovechando.

Para todo ese tipo de técnicas útiles para la eficiencia energética, es necesario tener un sistema de monitoreo que nos permita estudiar estas variables críticas (potencia, temperatura, presión y humedad). Este estudio de las tecnologías es importante para así poder crear un nuevo sistema de monitoreo innovador. Tenemos que conocer la realidad ecuatoriana para así poder aplicar las

tecnologías existentes, dado que no existe una diferenciación de costos diarios dentro de las industrias de electricidad, y como no existen tantos sistemas de monitoreo que realicen esta práctica es importante analizar las limitaciones de los sistemas existentes y por ello se debe crear un nuevo diseño para poder usar dichas técnicas. En nuestro país el área de las industrias es un caso muy particular, y la granja experimental de NONO que posee la Universidad de Las Américas no es una industria clásica, como la de otros países, por lo cual se requiere un análisis según la realidad de nuestro país en la industria.

Esta tesis forma parte de un proyecto de investigación en el cual se plantean crear nuevas estrategias de eficiencia energética aplicadas a la granja experimental de nono. Por tal motivo, se realizará el sistema de monitoreo correspondiente para dicho caso de estudio, que será una fase de dicho proyecto.

El objetivo general de este trabajo fue diseñar un sistema de medición de datos para la optimización energética en los procesos de producción de lácteos y mermeladas de la granja experimental de Nono, esto gracias a realizar un estado del arte sobre técnicas de eficiencia energética en las industrias y de los sistemas de monitoreo, estudiando los diferentes procesos de la granja, para obtener un diseño del sistema de monitoreo.

2. DESARROLLO

2.1. Estado actual

2.1.1. Estadísticas sector agrícola

Los encuentros mundiales y regionales que hablan acerca del desarrollo han puesto en evidencia a muchos de los retos futuros que se enfrentan los diferentes países, retos como son la igualdad, el bienestar y la sustentabilidad; se hace hincapié en la importancia que tiene el hecho de que la pobreza disminuya, y mejorar la alimentación, entre otras cosas. Estos aspectos se relacionan en especial adaptando a la agricultura en lo que respecta a las alteraciones o cambios que se dan en el clima, la seguridad en la alimentación y la mejora en

el manejo de los recursos. Estos son aspectos muy importantes para lo que respecta el diseño de una mejor política agropecuaria. (MAGAP, 2016)

Para el mercado internacional de recursos agrícolas, la exportación obtuvo un crecimiento que mantiene de manera sostenida por más de una década la competitividad entre América Latina y el Caribe. Ecuador forma parte de esa tendencia, por lo que el Ecuador está altamente especializado en exportar productos obtenidos de la agricultura, y además conserva un excelente crecimiento, haciendo que esta se encuentre dentro de las mejor posicionadas. (MAGAP, 2016)

El Ecuador tiene una economía que se encuentra abierta hacia el mundo. Su integración económica, empezó a desarrollarse en el siglo XIX, en donde empezó el modelo primario exportador. Así fue como empezó a vincularse el país con el resto del mundo y desde entonces es uno de los principales ingresos económicos y que permite que el país se mantenga en crecimiento, pero por otro lado también acarreo inestabilidad económica, principalmente debido a que esta está sujeta al desequilibrio de precios en lo que respecta a los distintos productos existentes de importación en el mercado internacional. Dentro de nuestro país, la parte de la actividad agrícola es una base para que exista una oferta exportable. (CEPAL, 2014)

Lo que principalmente sustentó la estructura productiva dentro del país fue las exportaciones. Pero desde el año 1973 el Ecuador dejó de trabajar tanto en la agricultura y ahora junta la actividad agropecuaria con la extracción de petróleo, lo que actualmente predomina. (CEPAL, 2014)

Ecuador desde el año 1981 hasta el año 2006 registro un descenso en el Presupuesto General del Estado, en el tema de la agricultura, rubro que pasó de 7,5% a 1.2%. Actualmente se busca levantar el presupuesto de la agricultura, debido a que se triplicó en términos nominales, pasó en el año 2006 de \$100 000 000 a en el 2014 alrededor de \$350 000 000; Hay que tener en cuenta que este incremento no es significativo en lo que respecta a revertir una tendencia en la

prioridad fiscal, dado que al 2014 únicamente el 1% del PGE se destinó al sector. (MAGAP, 2016)

Existen una serie de productos que son exportados hacia el mundo desde el Ecuador, el que más destaca es el banano, que se exporta millones a nivel mundial, seguido de marisco como el camarón y pescados como el atún, y la exportación de flores lo ubica tercero en todo el mundo. Esto representa que se puede beneficiar más de lo que se produce nacionalmente, entre los cuales se destacan: el brócoli, la balsa y la teca, los cuales ya están siendo exportados y además los granos andinos como lo son la quinua, el amaranto, el choclo, y los derivados de este. El Banco Mundial pronostica un decrecimiento de los montos de lo que exporta el Ecuador, caída que iría inclusive al 2017, todos los productos con excepción del banano el cual se prevé el aumento en precio en un +1%. Caerían de forma significativa el precio del cacao en un -8%, el del café arábigo en un -7%, lo cual pesa poco en comparación con el total de los productos exportados. Los precios de los alimentos agropecuarios en el futuro ascenderán. (Lobo, 2014)

2.1.1.1. Aportaciones del sector agropecuario en lo que respecta al total de la producción

Según los datos del Banco Central del Ecuador (BCE), en el 2016 dentro del sector agropecuario, teniendo en cuenta el valor existente en la producción que se encuentra destinada a la agroindustria, esta resulta ser la actividad económica que contribuye en su mayoría con el PIB global, el cual aporta en un 8%. (BCE, 2019) Lo que genera empleo a alrededor de un millón ochocientos mil personas, lo cual es aproximadamente el 63% de las personas que están ubicadas en el área rural.

El petróleo es la actividad que más genera divisas, aportando en un 37% del total que se exporta, y además ahorra divisas debido a que es un sector que tiene una baja dependencia en insumos importados, teniendo en cuenta que únicamente el 4% del total son materias primas en la agricultura.

Podemos ver a continuación una gráfica de la contribución que tiene al PIB total que tienen los sectores económicos principales en el 2019, incorporando el valor destinado a la agroindustria. (MAGAP, 2016)

Industrias	Participación histórica	Tasa de variación anual	2015				2016				2017				2018		
			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III
Manufactura	12%																
Petróleo y minas	11%																
Comercio	11%																
Construcción	8%																
Enseñanza y Servicios sociales y de salud	8%																
Agricultura	8%																
Otros servicios	8%																
Transporte	7%																
Actividades profesionales, técnicas y administrativas	6%																
PIB																	

Figura 1. Aportes al PIB total de los sectores económicos principales en 2018. Tomado de (BCE, 2019)

En el gráfico podemos apreciar que el PIB en manufactura representa el 12% del PIB total, seguido de la actividad de extraer petróleo, lo cual representa el 11% del total del PIB.

En base a la información obtenida del Banco Central de estadísticas de manera oficial que se dispone, se deduce que la contribución del sector agropecuario al producto interno bruto es del 8%

En el año 2018, el diario El Telégrafo entrevistó al presidente de la república Lenin Moreno, el cual nos dijo que la producción agropecuaria es importante en el país, debido a que esta representa el 8% (PIB) en lo que respecta a la economía total del país, sin tener en cuenta las materias primas que se usan en la industria. Además, dijo que el 65% de los alimentos que se consumen diariamente vienen directamente de la producción agrícola. (El telégrafo, 2018).

2.1.1.2. Producción agrícola primaria utilizada como consumo intermedio

Una de las principales fuentes para que se puedan realizar otras actividades productivas es la agricultura, como lo son: los productos agroindustriales que se exportan y luego de ellos, otras industrias. Según el Banco Central del Ecuador,

entre los años 2007 al 2013, alrededor de la mitad de lo que se produjo a nivel agrícola fue aprovechado como materia prima para otros sectores. (MAGAP, 2016)

El sector agropecuario dentro del país es dinámico y a su vez tiene muchas fallas. El crecimiento que ha tenido en este siglo va desde el 0.1% en el año 2002, hasta el 8% en el año 2011.

Esto puede ser explicado debido a que han existido variaciones significativas en los precios, debido al mercado internacional de exportaciones y a los cambios en el clima que han existido como son las inundaciones, sequías, entre otras.

Se aprecia en la gráfica mostrada a continuación, el PIB agrícola primario varia más su conducta de la economía en el intervalo del 2002 al 2013. Se puede ver que, en los años 2002, 2004, 2006, 2008, 2010 y 2012 el PIB agrícola se incrementó con una tasa promedio en todos los años que es mayor al total.

Está decrece en la economía global al ocurrir: inundaciones, estiajes, baja de precios a nivel mundial de los principales productos de exportación. A continuación, se puede observar la gráfica.



Figura 2. Tasas de crecimiento del Producto Interno Bruto total, 2002-2018. Tomado de (BCE, 2019)

Tipo de agricultura: pequeña, mediana y empresarial

Para las UPA (Unión de Pequeños Agricultores y Ganaderos) se buscó la información dentro del servidor de la ESPAC, obteniendo el total de unidades que tienen productividad basándose en los siguientes filtros:

- El individuo productor primordial vive dentro de la UPA.
- Que el valor al año que se produce de manera total en la UPA esté menos de los diez mil dólares.
- Cuando no se remunera como mínimo al 50% de los trabajadores en la UPA.

En lo que respecta a las UPA de mediana agricultura, en estas se realizó el procesamiento de las distintas unidades productivas siguiendo los siguientes puntos:

- No es necesario que la persona principal en la producción viva en la UPA.
- Que el saldo en el año que produzca la UPA este entre diez mil y treinta mil dólares.
- Lo que no se remunera en la UPA este entre el 20 y el 50% de los que se ocupan en el predio.

Y por último para la UPA de agricultura empresarial, se cambian únicamente los parámetros de corte con base a los siguientes criterios:

- El individuo productor primordial vive dentro de la UPA.
- Que el valor al año que se produce de manera total en la UPA supere a los \$30 000.
- El porcentaje de trabajadores no remunerados en la UPA no debe superar al 20% de los que trabajan en el sitio.

Para que se puedan cumplir las políticas, es importante conocer sobre las personas productoras de las que se pretende intervenir, información como: cuantos son, quienes son y dónde se encuentran ubicados. Esto se puede

apreciar en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que para la realización de la tabla no se consideró el tamaño de las UPA.

Tabla 1.

Caracterización agropecuaria según tipo de agricultura.

TAMAÑO	PEQUEÑA		MEDIANA		EMPRESARIAL		TOTAL	
	N° de UPA	%	N° de UPA	%	N° de UPA	%	N° de UPA	%
De 0 a < 20	377433	88,68	246256	79,57	13131	35,42	636820	82,48
20 a < 50 ha	33523	7,88	40145	12,97	12915	34,84	86583	11,21
50 a < 100 ha	11723	2,75	16146	5,22	6611	17,83	34480	4,47
100 y más	2915	0,68	6924	2,24	4412	11,90	14251	1,85
Total	425594	100,00	309471	100,00	37069	100,00	772134	100,00

Tomado de (ESPAC, 2013)

Dada la tabla se indica que la pequeña agricultura campesina corresponde al 55%. Adicional a la agricultura realizan actividades fuera de ella para subsistir. El 48% de la producción va a estar destinada para el autoconsumo, alimentación de animales, semillas. Aproximadamente el 88% de los pequeños productores de la UPA no cuentan con una remuneración, que generalmente es el individuo y la familia del mismo que vive en la UPA.

Los productores de mediana agricultura corresponden según la tabla al 40%, esta fracción es un intermedio entre la Pequeña agricultura Campesina (PAC) y la agricultura empresarial. La producción de este tiene en un 42% el mercado y

el porcentaje restante para el consumo propio y usos extras. Los productores que están a cargo de las UPA ocupan un porcentaje del 73%, estos son los que se remuneran y no es necesario que viva en la UPA.

Por último, se encuentra la agricultura empresarial con un 5%. Dentro de este segmento en un porcentaje del 68% están las unidades que son en su mayoría para el mercado, y en un 24% está la mano de obra no remunerada y de igual manera el productor no tiene que residir dentro de la UPA.

2.1.1.3. Cálculo del VAB por tipos de agricultura

Se realizó un cálculo del aporte del Valor Agregado Bruto por cada tipo de UPA, y este fue combinado con datos de cuentas entre los años 2007 y 2013. En donde consta que en el 2013 la agricultura tiene el 14% del VAB total en lo que respecta a la economía en el país.

A continuación, se aprecia el gráfico con los detalles.

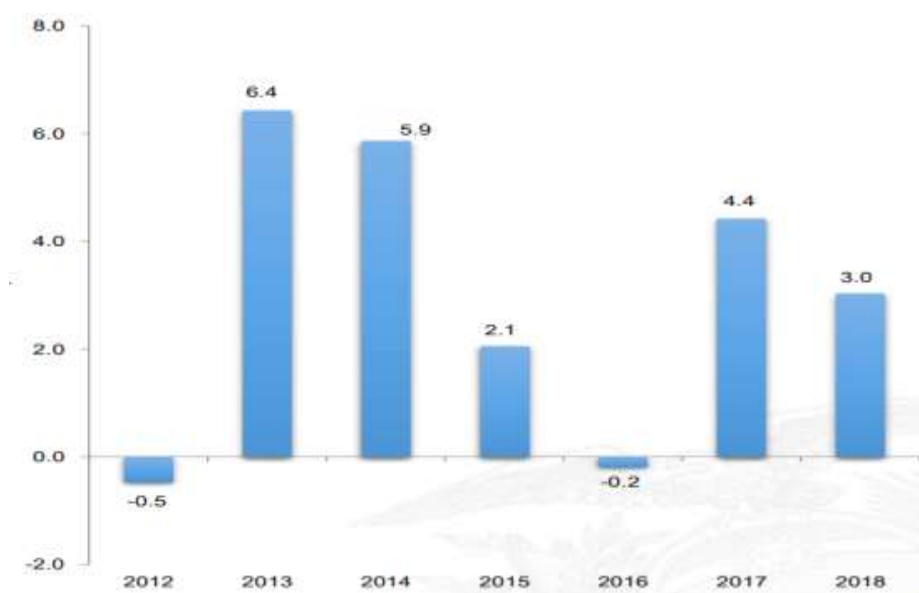


Figura 3. Contribución de la agricultura al VAB nacional en 2012 al 2018. Tomado de (BCE, 2019)



Figura 4. Tasas de Variación del VAB nacional en la agricultura 2012 al 2018. Tomado de (BCE, 2019)

En la gráfica podemos notar que el VAB en lo que respecta a la actividad agrícola en el cuarto trimestre del año 2018, obtuvo un crecimiento en cuanto a volumen que aumentó en un 1.1% en relación con el trimestre anterior, y se tiene una tasa de variación de únicamente el 1.3% con respecto al cuarto trimestre del 2017. A continuación, se va a detallar el valor monetario captado por el Banco central a través del VAB. (MAGAP, 2016)

2.1.1.4. Ganado en el Ecuador

El sector pecuario es liderado por el ganado vacuno con 4,19 millones de cabezas. Esmeraldas, Manabí y Azuay, simbolizan el 36.50% del monto nacional, como se puede apreciar en el gráfico posterior en donde se detallan las cabezas entre los años 2015 al 2017 en las distintas provincias del país. Como se aprecian en la gráfica a continuación.

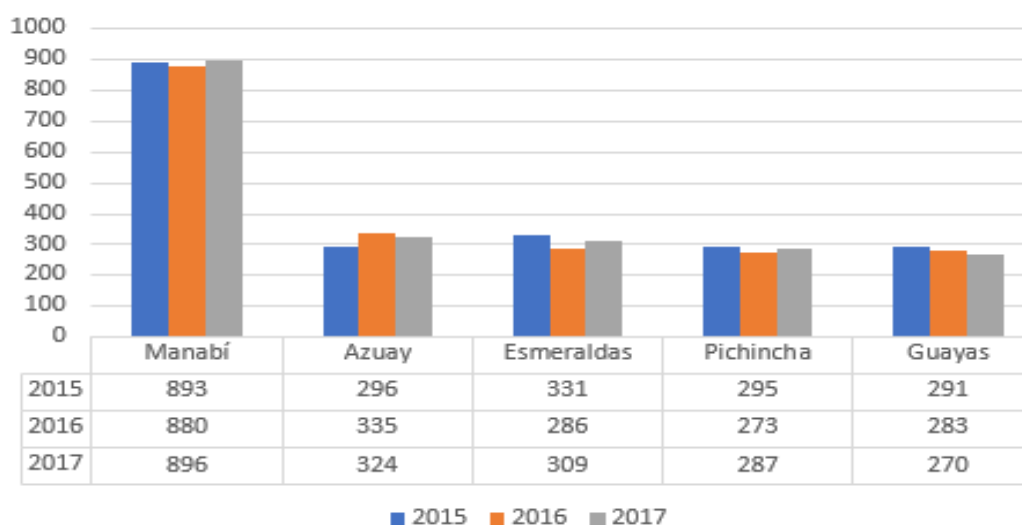


Figura 5. Existencia de ganado vacuno por miles de cabezas. Tomado de (ESPAC, 2017)

La provincia de Pichincha es la mayor fabricante de leche, lo que constituye el 16,27% del total nacional.

Existen en cuanto al género del ganado vacuno, muchas más hembras que machos, lo que representa un 70,23% del total para las hembras y el porcentaje restante para machos, como se aprecia en el gráfico de pastel posterior.

Existencia de ganado vacuno por género

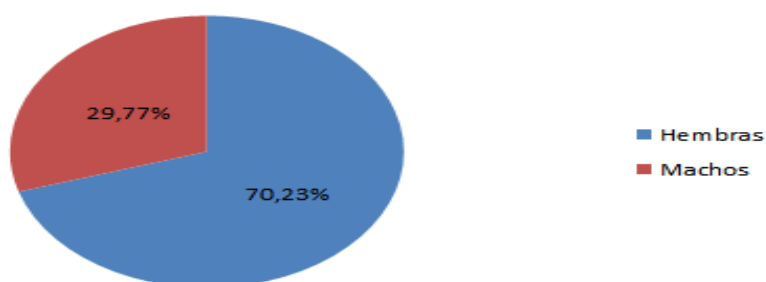


Figura 6. Existencia de ganado vacuno por género en el Ecuador. Tomado de (ESPAC, 2017)

En el año 2017 en base a la encuesta que se realizó por parte del ESPAC, se determinó también que la región Sierra existían el mayor número de ganado

vacuno del país, seguido de la región Costa, en el gráfico a continuación se detallan los porcentajes de cómo está distribuido el ganado en el Ecuador.

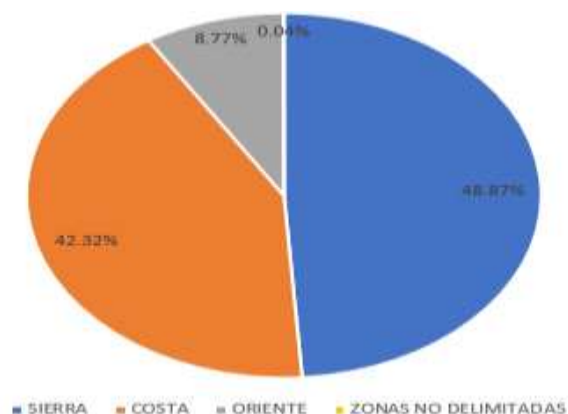


Figura 7. Existencia de ganado vacuno por las regiones Costa, Sierra y Oriente. Tomado de (ESPAC, 2017)

En el año 2017 en nuestro país, se clasificó para el ganado en las distintas razas, siendo la raza mestiza con 1,32 millones de cabezas la que predominó, lo que simboliza el 31,43%; a continuación, se evidencia los porcentajes de las diferentes razas existentes en el Ecuador.

Número de cabezas de ganado por raza

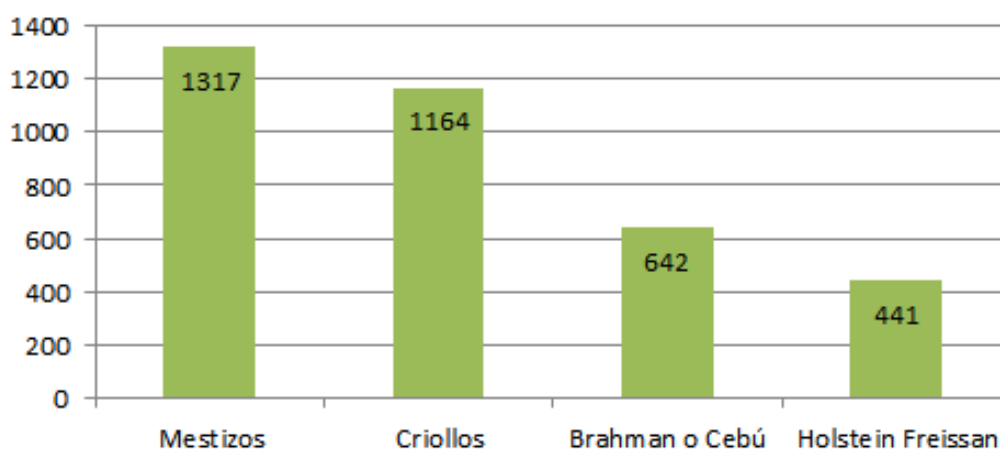


Figura 8. Número de cabezas de ganado por raza en miles en el Ecuador. Tomado de (ESPAC, 2017)

Para la producción de leche en el año 2017, se ordeñaron 856.164 cabezas de ganado, siendo en la región Sierra en donde más se realiza la actividad del ordeño, obteniendo para el año 2017 3.916 miles de litros, muy por encima de otras regiones a nivel nacional.

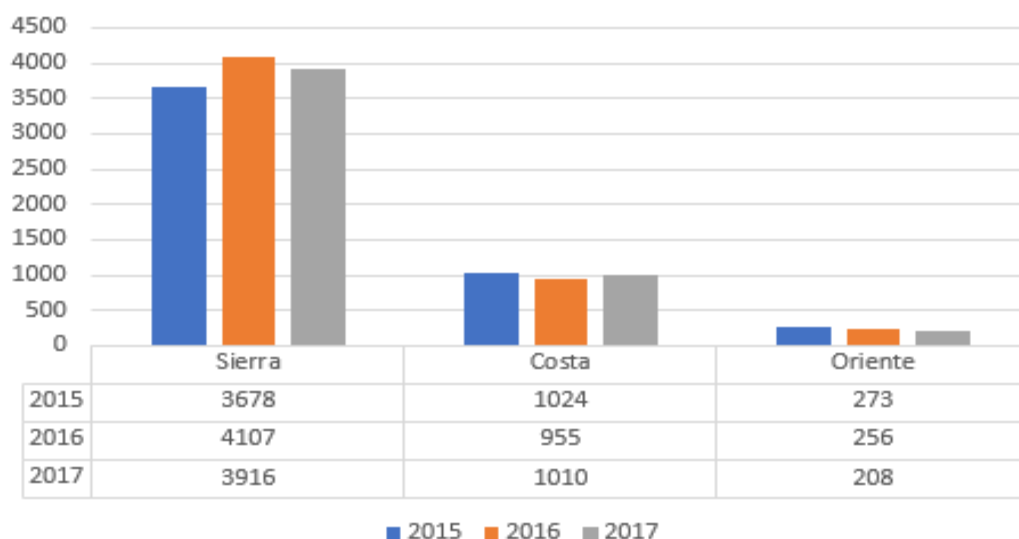


Figura 9. Producción de leche por regiones en miles de litros en el Ecuador. Tomado de (ESPAC, 2017)

Para el 2017, la producción a nivel nacional de leche total fue de 5,14 millones de litros. En la provincia de Pichincha se obtuvo un mayor rendimiento con 9,81 litros/vaca, dirigida especialmente a la venta.

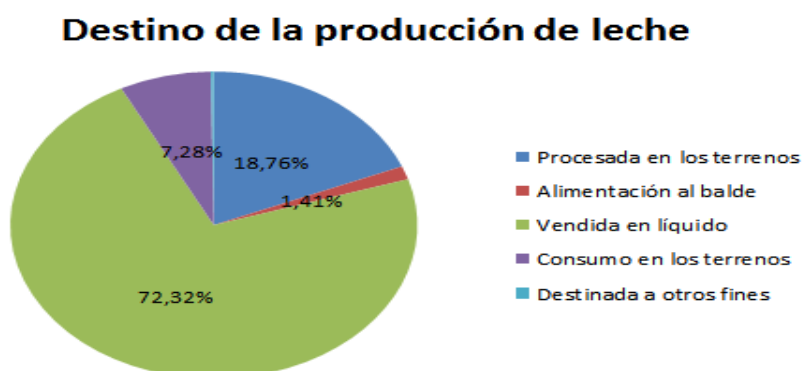


Figura 10. Clasificación del destino de la producción de leche en el Ecuador. Tomado de (ESPAC, 2017)

2.1.1.5. Ganado vacuno en el Ecuador

En el año 2017 se registró un aumento del 1,53 % con relación al año 2016 a nivel nacional del ganado, la región Sierra es en donde se obtiene la mejor producción de leche y donde se ordeñan más vacas, esto se ve representado en la gráfica a continuación, donde la región Sierra supera ampliamente en el número de vacas ordeñadas y en la producción de leche a las regiones Costa y Oriente.

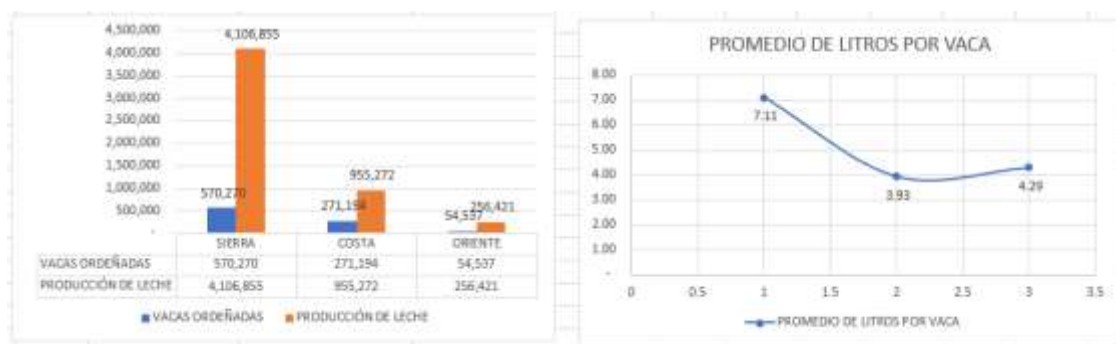


Figura 11. Vacas ordeñadas y producción de leche en las distintas regiones. Tomado de (INEC, 2017)

En el año 2017 el destino de la producción de leche fue en su mayoría a ventas, lo que de los litros que se obtienen al día ocupa un 75% aproximadamente las ventas, esto quiere decir que para el procesamiento se destina la segunda mayor cantidad, por lo que es importante tomar en cuenta que es un gran campo para trabajar, instalando ciertos sensores para que ayude a la productividad de esta.



Figura 12. Destino de la Producción Lechera 2017 por litros/día en el Ecuador. Tomado de (ESPAC, 2017)

Uno de los productos que exporta el Ecuador es la leche, lo cual como se puede observar en la gráfica aporta con un valor anual de \$462 881 en el país. Y los principales destinos a los cuales se exporta la misma son: Estados Unidos, Perú y Chile. Podemos observar más a detalle en la gráfica mostrada a continuación.



Figura 13. Exportación de Leche del Ecuador en el año 2018. Tomado de (ESPAC, 2017)

2.1.1.6. Procesamiento de productos lácteos

Según cifras de la Asociación de Ganaderos de Sierra y Oriente (AGSO), alrededor de los 3.5 millones de litros de productos lácteos son dispuestos al comercio de leche cruda en un 35%, al autoconsumo de los terneros en un 23%, y la producción artesanal de quesos en un 11%, el otro 31% es dedicado a la industria láctea. (Ruiz, 2007)

La producción de leche

La producción lechera se concentró en la región interandina, en los cuales están ubicados los mayores hatos lecheros.

El Censo agropecuario realizado en el año 2000, lo confirmó debido a que este indico que el 73% de la producción nacional de leche se hace en la Sierra, un 19% en la Costa y un 8% entre el Oriente y la Región Insular.

Según el Ministerio de agricultura y Ganadería, entre el 25% y el 32% de lo que se produce va al autoconsumo y el 2% a mermas. La leche que se ocupa en la utilización industrial y cotidiano corresponden al 75% de lo que se produce. La leche fluida que se cuenta se destina en un 25% para que se pueda fabricar en la industria, el 75% entre el consumo y el uso de leche sin procesamiento se destina en un 39% para la alimentación cotidiana de habitantes y el 35% se ocupa en industrias artesanales de quesos frescos y el 1% se comercia en la frontera con Colombia. (Centro de la Industria Láctea, 2015)

Mercado y Consumo de Queso

La industria láctea mundial, en los últimos años ha tenido una alta producción de quesos en todas sus variantes. Los mercados de Estados Unidos y Europa son los que lideran actualmente este mercado del consumo de queso, pero la industria se está abriendo al mercado en América Latina y Asia, con un gran crecimiento desde el año 2006 al 2015 (Quezada, 2013).

En el Ecuador, del 2006 al 2015 el consumo per cápita del queso se duplicó. Este paso de 0.75 kilos por persona al año a 1.57 kilos en el 2015. Según datos del Centro de la Industria Láctea (CIL), la industria láctea procesa alrededor de 5.8 millones de litros al día, de los cuales un tercio es destinado a la elaboración del queso. Las ventas de la industria del queso crecieron 3.4 veces entre los años 2005 y 2014, pasaron de \$71.4 millones a \$243.1 millones. (Orozco, 2015)

Se estima que en la próxima década el consumo mundial de los productos lácteos crezca entre un 1.7% y un 2.1% anual. Podemos ver las tasas de crecimiento anual de consumo per cápita de productos lácteos. (OCDE, 2017)

Mermeladas

El Ecuador posee una gran variedad en flora, debido a que está ubicado en una excelente zona para la producción y además tiene buena tierra para la cosecha en sus distintas regiones. Estas frutas que se obtienen de la cosecha son el principal producto para utilizar en la producción de mermeladas.

La mermelada tiene una consistencia espesa o semisólida, que se obtiene al cocinar las frutas en pedazos o enteras con azúcar. Este producto debe contener un porcentaje mínimo de fruta que, en el caso de nuestro país, es del 65%.

La industria de mermeladas pese a ser pequeña en el Ecuador, alcanza ventas significativas, dado que este producto no es un alimento de primera necesidad, no lo consumen todos los habitantes en su diario vivir, las ventas que se han obtenido hasta el año 2015 desde el 2010 se aprecian en el Gráfico 12.

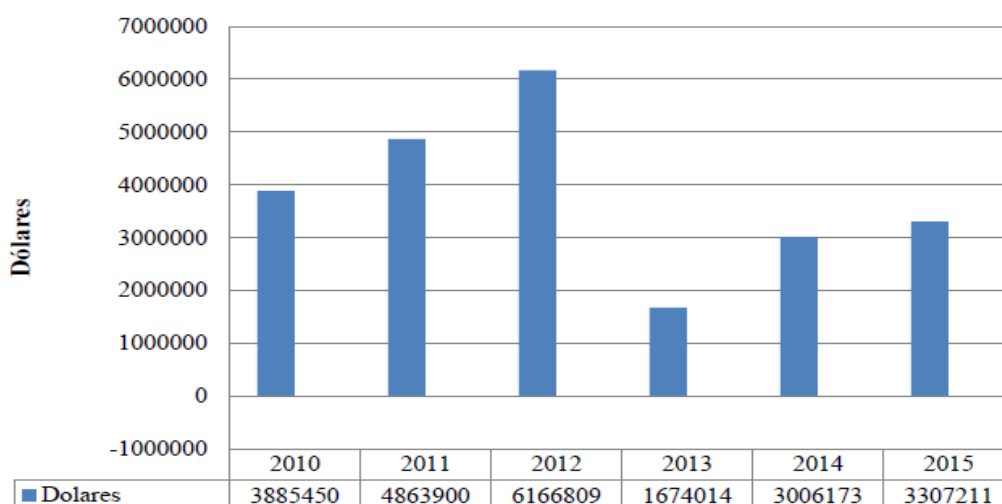


Figura 14. Venta total de mermelada, periodo 2010-2015 en el Ecuador. Tomado de (INEC, 2016)

En el Gráfico 14 se puede evidenciar como es la participación en la industria por parte de las productoras de mermeladas, siendo esta una pequeña parte de la industria, dado su poco aporte a la misma.

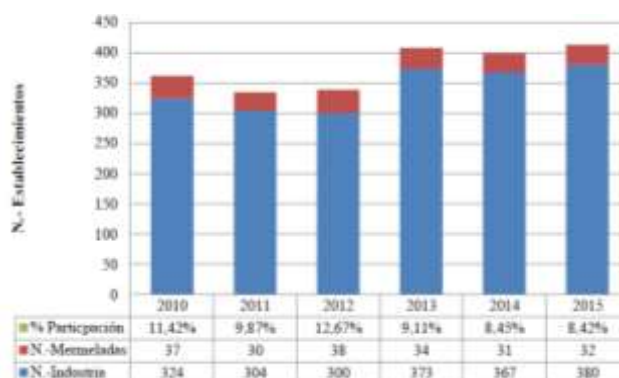


Figura 15. Participación del número total de establecimientos productores de mermelada sobre el número total de establecimientos, periodo 2010-2015 en el Ecuador.

Tomado de (INEC, 2016)

En el Gráfico 15 se plantea las toneladas de exportación de mermeladas desde el año 2010 hasta el 2015, en donde la tasa de crecimiento conforme avanza el tiempo crece de manera continua. Dado esta tendencia, se estima que en el año actual la tasa se incremente. Hasta el año 2015, tomando datos desde el 2010, se calcula que el promedio que aporta la industria de mermeladas es del 0.0047%.

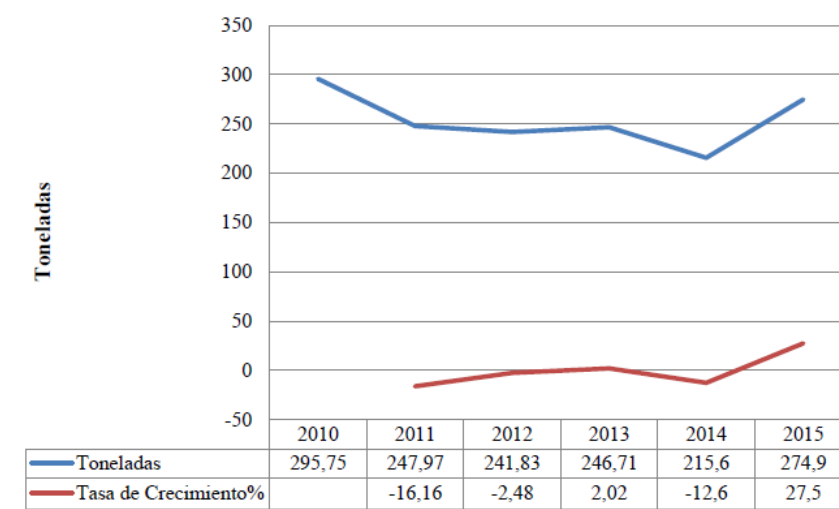


Figura 16. Exportaciones en toneladas de Confiterías, Jaleas y Mermeladas, periodo 2010-2015 en el Ecuador. Tomado de (BCE, 2016).

El principal destino de los productos de mermelada producidos en el país es Puerto Rico, dado que en dicho país los costos para la producción de mermeladas son muy elevados, entonces buscan dar abasto mediante la importación de mermeladas ecuatorianas.

Una de las ventajas de las salvaguardias del año 2015 fue que aumentaron las exportaciones y disminuyeron las importaciones, es por ello que en el Gráfico 15 se pueden apreciar datos tomados desde el año 2010 hasta el 2015, donde se aprecia que a partir del 2015 los porcentajes de exportación de mermeladas por primera vez superan a los de importación.

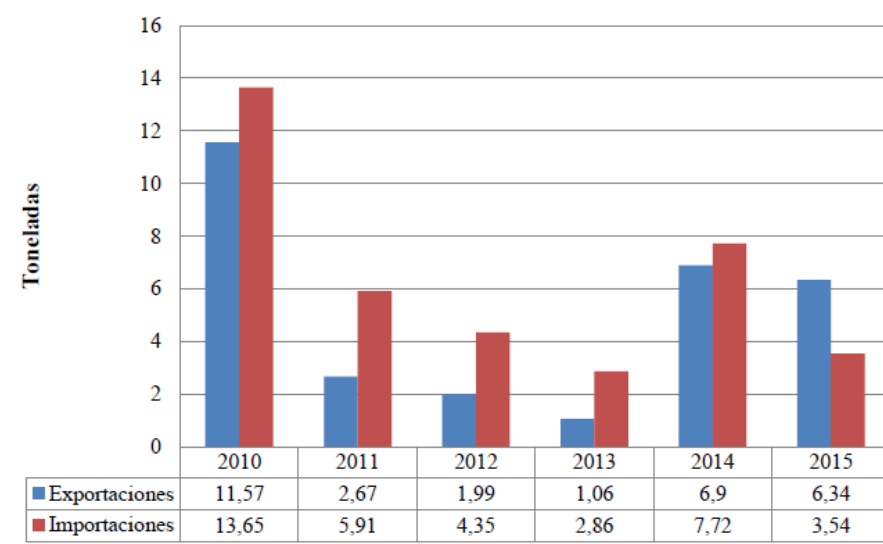


Figura 17. Diferencia de exportaciones e importaciones de Confituras, Jaleas y Mermeladas, periodo 2010-2015 en el Ecuador. Tomado de (BCE, 2015).

2.1.1.7. Estructura económica y de consumo de energía

La región de Latinoamérica y el Caribe ha realizado varios esfuerzos con el fin de lograr desarrollarse económicamente, pero sus intentos no fueron suficientes y no lograron coincidir en aspectos como: cambios estructurales, igualdad y convergencia. En los últimos 10 años, sin embargo, se redujo las brechas de

ingresos con respecto al mundo, pero aún se tiene que reducir las brechas tecnológicas y de productividad.

A continuación, en el gráfico 16 se puede observar la organización económica por la cual se ha estructurado el Valor Agregado Bruto. Como se puede apreciar, las actividades económicas presentan una tasa de variación positiva en el cuarto trimestre del 2018, en especial en actividades como la Acuicultura y Pesca de camarón con un 3.0%, seguida de la administración pública y de defensa con un 2.6%, la enseñanza y servicios sociales de salud en un 2.4%,

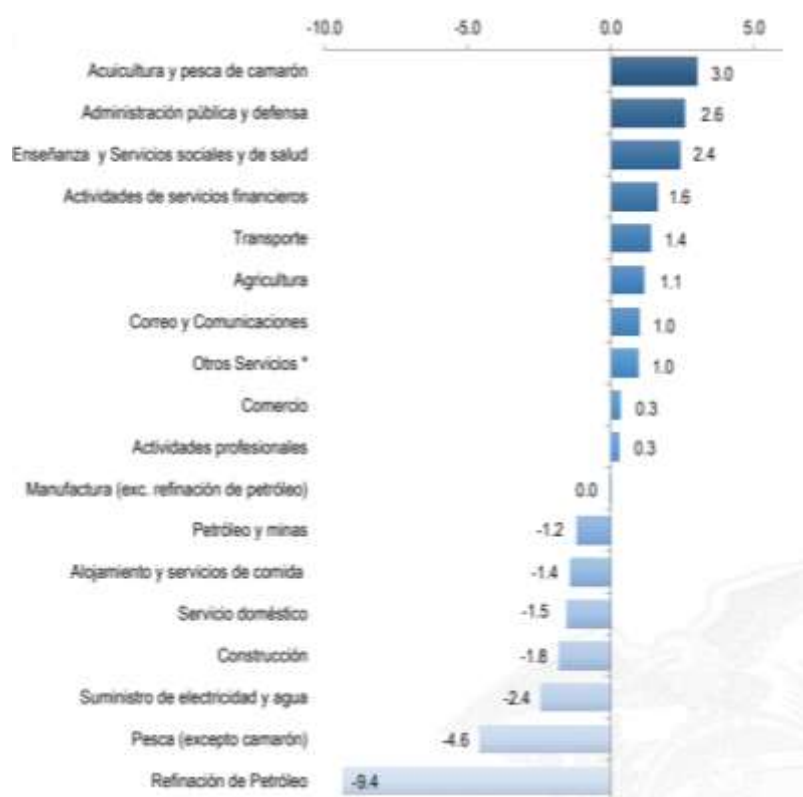


Figura 18. Estructura del VAB en el Ecuador año 2018. Tomado de (BCE,2019)

2.2. Marco teórico

2.2.1. Eficiencia Energética

Desde la década de 1970, la eficiencia y la conservación de la energía se han convertido en uno de los componentes clave para abordar la seguridad

energética. Recientemente, también se considera como una forma efectiva de reducir las emisiones de combustibles fósiles para mitigar el cambio climático. (Tanaka, 2011)

La eficiencia energética ahora ocupa un lugar importante en la agenda de políticas públicas de los países más desarrollados. La importancia de la eficiencia energética como un objetivo de política está relacionada con los beneficios comerciales, de la competitividad industrial y la seguridad energética, así como cada vez más con los beneficios ambientales, como la reducción de las emisiones de CO₂. A pesar del interés continuo en las políticas y la gran cantidad de informes y libros escritos sobre el tema de la "eficiencia energética", se ha prestado poca atención a la definición precisa del término. (Patterson, 1996) La eficiencia energética, consiste en el conjunto de técnicas para optimizar la energía consumida y los productos que se obtienen lo cual se logra mediante la implementación de mejores hábitos de consumo e inversiones a nivel tecnológico. Al momento se han realizado pocas acciones en la industria alimentaria con respecto a la eficiencia energética y esta es una industria que consume mucha energía y a veces es mal aprovechada.

Las posibilidades de la industria para usar la energía de manera más eficiente incluyen muchas acciones técnicas implementadas en diversas circunstancias políticas, económicas, comerciales y de gestión. En teoría, las políticas de eficiencia energética podrían apuntar a cada uno de estos elementos. (Tanaka, 2011)

Es de destacar que la mayoría de las políticas y medidas de eficiencia energética no se utilizan de forma aislada, pero a menudo forman parte de los paquetes de políticas. Además, la introducción de una política no implica necesariamente la eliminación de las políticas preexistentes aplicadas a las mismas entidades. Estos aspectos exigen atención a la coherencia de las políticas para mantener la eficacia general y la rentabilidad. (Tanaka, 2011)

Dentro del consumo de energía por sectores la industria ocupa un puesto importante como se puede ver a continuación:

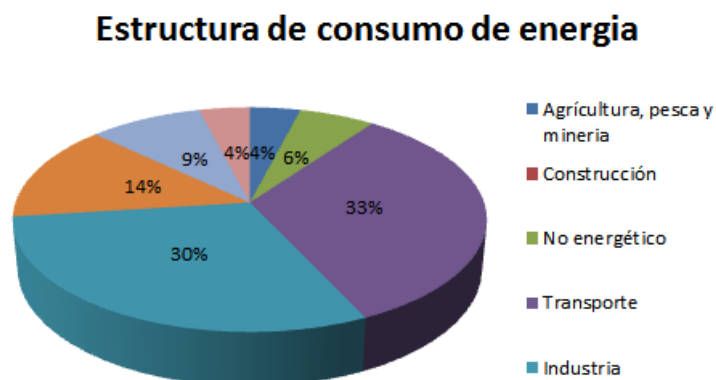


Figura 19. Consumo de energía en ALC (2013). Tomado de (MEER, 2013)

Un estudio que se realizó por el BCE en los años de 1979 hasta el 2013, se puede apreciar como los diferentes sectores consumen la energía, en donde se aprecia que en lo que es la agricultura aumento considerablemente hasta el 2013, con la tendencia indicada actualmente se considera que sigue ocupando un alto puesto en consumo de energía. A continuación, se verifica como en el gráfico se identifican las tendencias de los diferentes sectores desde 1979 hasta el 2013.

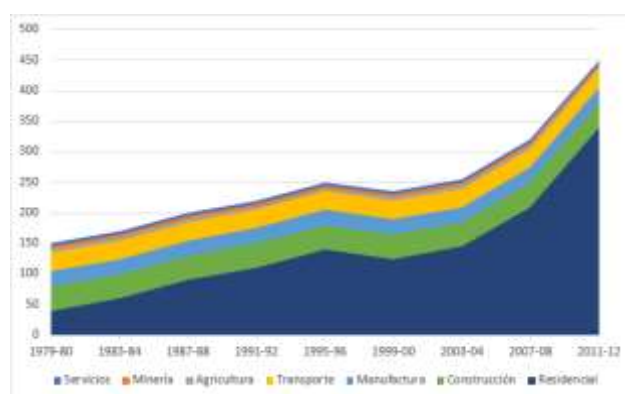


Figura 20. Consumo de energía por los sectores de uso final, periodo 1979 al 2013.

Tomado de (BCE, 2013)

Consumo Energético

Para el año 2014 los diferentes sectores que consumían energía aumentaban considerablemente en el tiempo, tomando en cuenta dicha tendencia para el periodo actual todos estos sectores consumen aún más energía que en ese entonces, siendo la industria un sector en el cual se consume mucha energía, como se muestra en el gráfico a continuación.

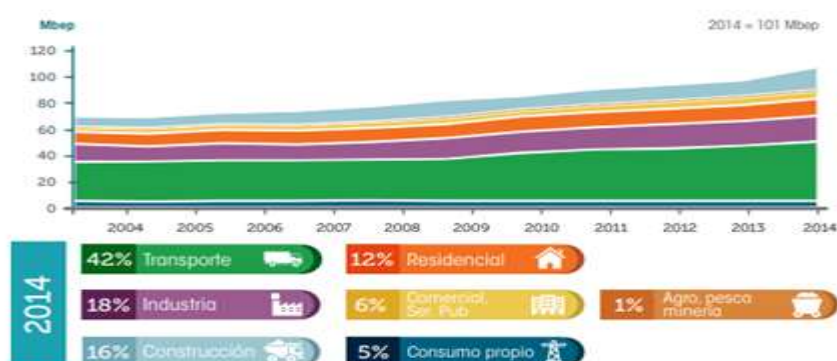


Figura 21. Evolución del consumo de energía por sectores en el periodo 2004-2014.

Tomado de (BCE, 2014)

El plan nacional de eficiencia energética para el Ecuador estima que en los años próximos hasta el 2035 se reduzca el consumo en relación a la línea base que se ha venido manejando, esto gracias a optimizaciones que se realizarán sobre los diversos sectores.

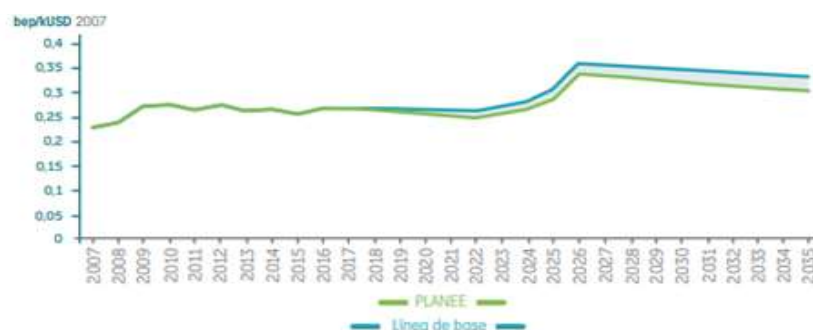


Figura 22. Evolución de la intensidad energética en el Eje Industrial 2007-2035.

Tomado de (ESPAC, 2017)

El precio de la energía es un tema que ha variado considerablemente en países desarrollados en donde, lo que se ha convertido en una paradoja a futuro, una de dichas explicaciones es que la incertidumbre sobre los precios futuros de la energía y los ahorros reales derivados del uso de tecnologías de la energía, combinados con la naturaleza irreversible de la inversión en eficiencia, hacen que la tasa de descuento adecuada para analizar el valor presente neto del ahorro de energía sea significativamente mayor de lo que suele ser.

Otra falla importante del mercado que sugiere que la eficiencia energética puede estar por debajo del nivel socialmente deseable está asociada con las consecuencias ambientales de la generación y el uso de la energía. Si bien hay mucha controversia en torno a la magnitud del valor de los perjuicios ambientales relacionados con el consumo de energía, la dirección del efecto es inequívoca. Ya sea que exista o no una paradoja, los consumidores se enfrentan a incentivos para usar más energía de la que es socialmente deseable si no soportan los costos totales de la contaminación que fomenta su uso de energía. (Jabbe & Stavins, 1994)

El Ecuador no cuenta aún con un plan de ahorro energético a nivel empresarial, dado eso en la industria agroalimentaria dentro de la granja experimental de Nono se va a implementar un sistema de medición de consumo, validando estos datos para proceder a tomar acciones mediáticas, este diseño se basará en el posterior análisis del estado del arte presentado en la parte inferior, en donde se analizan problemáticas a nivel mundial junto con sus soluciones.

2.2.2. Sensor

Un sensor, es un dispositivo que transforma la magnitud de una cantidad o cantidades físicas de interés, en la magnitud de otra cantidad física que utilizaras para interactuar con el medio del cual se desea obtener información. (National Instruments, 2019)

Un sensor es un transductor, pero un transductor no necesariamente es un sensor.

2.2.2.1. Sensores de temperatura

“Un sensor de temperatura es aquel mecanismo que transforma la señal de temperatura en un cambio de señal eléctrica, y este cambio es procesado por un equipo electrónico o eléctrico. Existen 3 tipos de sensores de temperatura que son: termistores, RTD y termopares”. (Mathas, 2011)

Termistores:

Este sensor detecta la temperatura mediante los cambios de resistencia dependiendo del frío o del calor detectado. (Mathas, 2011)

Existen dos tipos importantes de termistores que son:

- **NTC (Coeficiente de temperatura negativo):** La temperatura es inversamente proporcional a la resistencia. Este tipo de termistor puede ser usado para:

Protección de bobinados de motores eléctricos, en los cuales la temperatura puede oscilar entre 60 y 180°C. (Gómez, 2017)

Fusibles de estado sólido de protección contra la saturación de corriente, como por ejemplo pueden ser usados en una fuente de alimentación para equipos eléctricos.

Los termistores NTC disponen de un modelo matemático, con el fin de que se pueda relacionar la resistencia entre sus terminales, y la temperatura a la que se encuentra. Ver Ecuación 1: (Gómez, 2017)

$$(1) R_{NTC} = R_0 * e^{\beta\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$$

Siendo:

R_{NTC} = La resistencia de NTC

T_0 = Temperatura de referencia, en Kelvin

R_0 = Resistencia de ref. de NTC cuando esta en T_0

$\beta = \text{Constante de NTC}$

$T = \text{Temperatura que se está intentando medir, en Kelvin}$

- Para esto hay que tener en cuenta que T_0, R_0 y β son parámetros que se encuentran en el datasheet de cada termistor NTC. (Gómez, 2017)

- **PTC (Coeficiente de temperatura positivo):** Mientras la temperatura aumenta, también aumenta la resistencia. (Megafenix, 2018)

Puede ser utilizado en: donde la resistencia dependa de la corriente que lo atraviese, también en donde se aproveche la inercia térmica.

La fórmula para relacionar la resistencia con la temperatura es la ecuación 2:

$$(2) R_B = \frac{1}{a * e^{\frac{Vb}{KT}}}$$

Siendo:

$R_B = \text{La resistencia de PTC}$

$T = \text{Temperatura en Kelvin}$

$a = \text{El tamaño de los cristales}$

$Vb = \text{potencial de las barreras}$

$K = \text{constante}$

Uno de los principales problemas que tiene un termistor es el hecho de que no son lineales en lo que respecta a temperatura. Por lo que, se deben aplicar fórmulas complejas con el fin de poder así determinar la temperatura necesaria según la corriente que circula. Otro problema es muy complejo de calibrar. (Megafenix, 2018)

Termorresistencias (RTD):

Este sensor funciona según el principio de medición que nos dice que: “La resistencia eléctrica de cualquier material debe cambiar según la temperatura que posea el mismo.” (Division, 2010) Es uno de los sensores de temperatura con mayor precisión, estabilidad y repetibilidad. (Jemar, 2015). Este sensor es casi inmune al ruido eléctrico y, por esta razón, es apto para que se realicen mediciones de temperatura en ambientes industriales. Comúnmente usado para medir alrededor de motores, generadores y equipos de alta tensión. (Jemar, 2015). La relación fundamental para que estas termorresistencias funcionen es. Ver ecuación 3: (Jemar, 2015)

$$(3) R_t = R_o * (1 + \alpha * t)$$

Siendo:

R_t = Valor de la resistencia en ohmios a T °C

R_o = Valor de la resistencia en ohmios a 0 °C

α = coeficiente de temperatura de la resistencia

Las termorresistencias tienen un rango de operación y precisión que depende de los materiales utilizados en los arrollamientos de la termorresistencia. A continuación, se presenta una tabla con estos materiales que se usan para diseñar una termorresistencia. (Jemar, 2015)

Tabla 2.

Termorresistencias rango de operación.

	Rango de operación (°C)	Presión (grados)
Platino	-200 a 950	0,01
Niquel	-150 a 300	0,50
Cobre	-200 a 120	0,10

Tomado de (Jemar, 2015)

Termopar:

Este sensor basado en efectos termoeléctricos nos permite medir temperaturas que sean superiores a 2000 °C e inferiores a los -250°C. Este transductor está formado por dos metales distintos, los cuales se encuentran unidos, y producen una diferencia de potencial pequeña entre ellos. (López & Moyón, 2011)

El principio de funcionamiento del termopar es el siguiente: El termopar se basa en un circuito que está formado por dos conductores de diferentes metales, los cuales se unen en uno de sus extremos y distanciados en el otro, además poseen una similitud con un cable. Dentro de sus uniones se genera una fuerza electromotriz debido a la diferencia de temperatura existente, esta fuerza se la conoce como efecto Seebeck. La fuerza que genera este termopar se encuentra según la diferencia de temperatura que existe dentro de la unión caliente, que corresponde a las puntas que están unidas, y la unión fría que vendrían a ser las puntas que están separadas. (López & Moyón, 2011)

- Unión caliente:

Es el punto donde las puntas están unidas. Se denomina de unión caliente debido a que este punto está en contacto con lo que se desea conocer su temperatura. (López & Moyón, 2011)

- Unión fría:

Son los extremos del termopar que se encuentran abiertos, y sobre estos se mide la diferencia de potencial. Se denomina de unión fría, porque se encuentran a temperatura ambiente y, normalmente, esta es una temperatura menor a la que se debe medir. La diferencia de potencial entre estos extremos se puede aproximar con la ecuación 4: (López & Moyón, 2011)

$$(4) V_{ter} = \alpha * (T^a + T_o)$$

Donde:

$$V_{ter} = \text{Tensión entre extremos del termopar}$$

$$\alpha = \text{parámetro dep. de los tipos de metales usados}$$

$T^a = \text{Temperatura ambiente}$

$T_o = \text{Temperatura a medir}$

Un dato curioso es que con un termopar se puede generar una fuente de alimentación poniendo el termopar al revés, si lo pones de un lado genera calor y del otro lado es para medir la temperatura.

Existen varios tipos de termopares que son:

- E
- J
- K

En la siguiente tabla se puede apreciar de mejor manera la diferencia existente entre los distintos sensores de temperatura. (Marquéz, 2016)

Tabla 3.

Comparación termopares.

Sensor	Límites de aplicación en °C	Ventajas	Desventajas
Termopar tipo E: cromel/constantán	-100 a 1000	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene un amplio rango por lo que se puede usar a temperaturas altas. • Tienen la capacidad de ponerse en contacto directo con el material que se está midiendo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Son vulnerables a la corrosión • Es difícil calibrar • Tiene un intervalo mínimo de 40°C • Las mediciones pueden ser corrompidas por el ruido.
Termopar tipo J: hierro /constantán	0 a 750		
Termopar tipo K: cromel/alumel	0 a 1250		
Termopar tipo T: cobre/constantán	-160 a 400		
Termorresistencia	-200 a 650	<ul style="list-style-type: none"> • Mediciones exactas • Linealidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Autocalentamiento

			<ul style="list-style-type: none"> • Al auto calentarse puede dar error en la medición
Termistor	-400 a 150	<ul style="list-style-type: none"> • Precisión en sus mediciones • Mayor sensibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • No es lineal

Tomado de (Marquéz, 2016)

2.2.2.2. Sensores de presión

Los sensores de presión se usan para medir sistemas de presión, un ejemplo de ello es la medición de la presión de aire. Otra aplicación importante que se realiza con los sensores de presión es para medir presiones en calderas y controlarla con un sistema que la regule. Los sensores de presión se pueden usar en aplicaciones aeroespaciales. Una parte importante en la que ayudan los sensores de presión es para detectar fugas, medir caudales o profundidad, esto se lo realiza para distintos propósitos, como para detectar fallos en los sistemas.

Los sensores de presión analógicos tienen varios tipos, los cuales pueden ser:

Captadores de fuerza: capacitivos, electromagnéticos, piezoeléctricos, ópticos, potenciómetros, etc. (Medidores, 2016)

Otros tipos: resonantes, térmicos y de ionización.

Ciertos sensores que se pueden adquirir en el mercado son:

- Sensores de presión para presión diferencial
- Sensores de presión para presión relativa y absoluta (Medidores, 2016)

Para los sensores de presión se usa un puente de Wheatstone.

Puente de Wheatstone

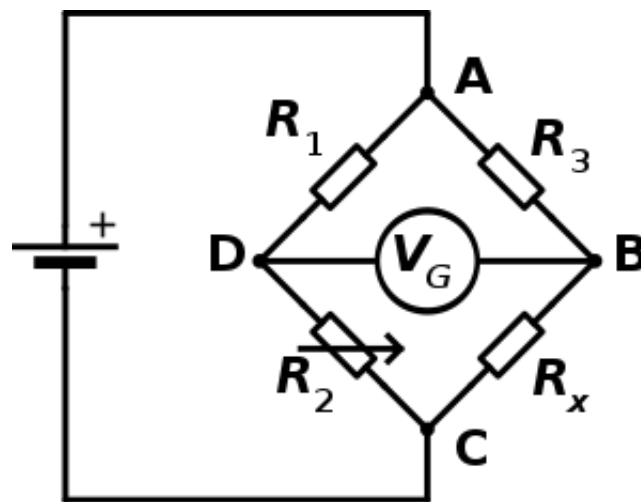


Figura 23. Corrección logométrica de la salida de un sensor.
Tomado de (EcuRed, 2019)

Para resolver el puente de Wheatstone, hay que aplicar la ley de Kirchoff, con el fin de encontrar la corriente que circula en los diferentes nodos, en este caso vamos a hacer de los nodos D y B. Entonces se analiza de la siguiente manera:

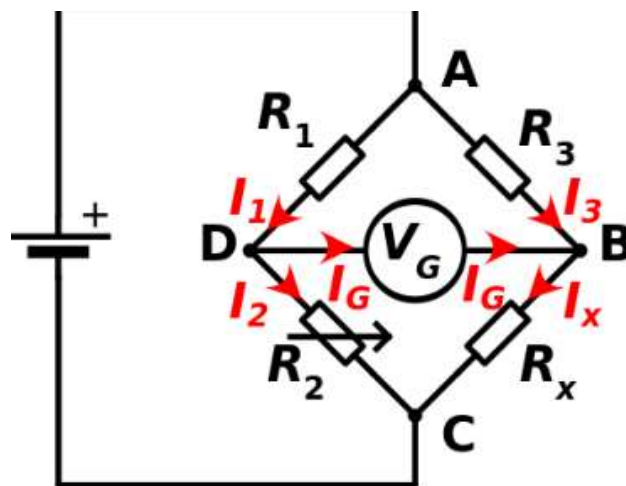


Figura 24. Direcciones de Corriente.

Tomado de (EcuRed, 2019)

D. Ver Ecuación 5:

$$(5) I_1 - I_2 - I_G = 0$$

B. Ver Ecuación 6:

$$(6) I_3 - I_x - I_G = 0$$

Y mediante la ley de voltajes de Kirchoff se busca el voltaje de las mallas ABD y BCD:

ABD. Ver Ecuación 7:

$$(7) V_3 - V_G - V_1 = 0$$

$$\Rightarrow (I_3 * R_3) - (I_G * R_G) - (I_1 * R_1) = 0$$

BCD. Ver Ecuación 8:

$$(8) V_x - V_2 - V_G = 0$$

$$\Rightarrow (I_x * R_x) - (I_2 * R_2) - (I_G * R_G) = 0$$

Cuando $I_G = 0$ tenemos que. Ver ecuación 9, 10:

$$(9) I_3 * R_3 = (I_1 * R_1)$$

$$(10) I_x * R_x = (I_2 * R_2)$$

Al dividir las ecuaciones nos queda que. Ver ecuación 11:

$$(11) R_x = \frac{R_2 * I_2 * I_3 * R_3}{R_1 * I_1 * I_x}$$

Si $I_G = 0$; $I_3 = I_x$; $I_1 = I_2$ entonces R_x es. Ver ecuación 12:

$$(12) R_x = \frac{R_2 * R_3}{R_1}$$

Conociendo los valores de las resistencias y el Voltaje de salida, y sabiendo que la resistencia del galvanómetro es alta, entonces I_G va a ser

un valor despreciable, y el voltaje del galvanómetro o V_G se determina con la siguiente ecuación. Ver ecuación 13:

$$(13) V_G = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_X}{R_X + R_3} \right) * V_S$$

2.2.2.3. Sensores de humedad

Estos sensores se usan adicionalmente en secciones de calefacción, climatización y ventilación, o procesos de producción que se requiera realizar un control de la humedad existente en el aire. Estos sensores se usan en sitios cerrados que estén conectados a un estabilizador que permite mantener la humedad continúa requerida en el sitio.

Los sensores van conectados a un dispositivo de control distanciado. Estos sensores miden la magnitud de la humedad existente y la transforman a una señal regulada, que se puede enviar a un medio en donde se controle.

Esto sirve para generar advertencias o desactivar un sistema de ventilación en cuanto sobrepase los niveles establecidos.

Con frecuencia, además de medir la humedad, también es necesario medir la temperatura, dado que la temperatura es inversamente proporcional a la humedad relativa.

2.2.2.4. Sensores de potencia

Los sensores de potencia se utilizan para controlar periódicamente las variables del uso de energía de máquinas o instrumentos que consuman la misma. Los sensores de potencia miden la corriente, la tensión, la potencia, entre otros parámetros eléctricos y muestran los valores de medición mediante una interfaz.

Existen dos tipos de sensores en el mercado:

Sensores de potencia monofásicos

Los sensores de potencia monofásicos son los que miden la potencia monofásica, que es, la que se obtiene de tomar una fase de corriente trifásica y un cable neutro.

Este tipo de corriente nos va a permitir que se haga una tensión de 220/230 voltios mucho más fácil, y así puedan funcionar electrodomésticos y luminarias de mejor manera.

Sensores de potencia trifásicos

Los sensores de potencia trifásico son los que miden la suma de las potencias activas de los sistemas monofásicos que lo componen.

La selección del sensor de potencia varia en el tipo de potencia que se quiere medir sea esta: activa, reactiva, corriente alterna o continua, aparente o total. (Cuningan, 2013)

Utilizando un sensor de efecto Hall se puede medir corrientes ocupando un microprocesador, estos sensores le afectan los cambios del campo magnético que lo cruza, lo que produce voltios en la salida igual al campo magnético que lo circula.

Estos sensores gracias a su sensibilidad logran obtener mediciones de corrientes de 0.5 amperios con mucha precisión, pese a que varía por diversos factores, se logra tener una representación del amperaje que atraviesa el conductor.

Cuando una carga eléctrica se moviliza por un medio que cuenta con un campo magnético esta carga se desvía por las fuerzas electromagnéticas que existen. (Cuningan, 2013)

Para calcular la potencia en corriente alterna se utiliza la fórmula que se muestra a continuación, en donde intervienen como parámetros de la formula la potencia activa y la potencia fluctuante. Ver Ecuación 14.

$$(14) P(t) = VI \cos(\phi) - VI \cos(2\omega - \phi)$$

Donde:

$P(t)$ = Potencia en corriente alterna. (W).

$VI \cos(\phi)$ = Potencia activa. (W)

$VI \cos(2\omega - \phi)$ = Potencia fluctuante. (W)

Un ejemplo de un sensor de potencia son los sensores Smart plug, que son enchufes inteligentes, los cuales nos permiten monitorizar y controlar todos los aparatos eléctricos que existan en el hogar. (Ferrerias & Vaqueros, 2014)

El Smart plug permite tener ciertas ventajas ya que se lo puede usar con una aplicación específica destinada para cierta actividad.

Conectar y listo: Este es un punto medio entre la máquina que se va a conectar con el tomacorriente, una ventaja considerable es que no necesita instalar software para la gestión remota, ya que dicha gestión se realiza desde un servidor web propio del mismo dispositivo.

Conectividad: Permite acceder al Internet actuando como un medio de acceso o un cliente Wi-Fi.

Existen una variedad de sensores de tipo smart plug para las diferentes tecnologías, como es el caso de Zigbee, que, al manejar otro tipo de comunicación, no pueden manejar los smart plug que son destinados para WiFi generalmente.

2.2.3. Sistemas de adquisición de datos

Para la adquisición de datos (DAQ), existen varios tipos de sensores, un medio físico de medidas DAQ y un computador, el cual maneje un software programable para dicho sistema. (Omega, 2013)

El medio físico de los DAQ sirve para interactuar entre la PC y las señales existentes. El funcionamiento de este sistema se basa generalmente en convertir las señales analógicas en digitales, para que así el PC pueda entenderlas. Los componentes claves son convertidor A/D, bus del PC y un circuito para acondicionar las señales. Algunos ejemplos de sistemas que manejan DAQ son: Labview, SCADA, entre los más resaltados.

2.2.4. Métodos de transmisión

Los métodos de transmisión son importantes dado que sirven para enviar datos o información, todo esto basados en diferentes medios como puede ser por cable u ondas, estos métodos de transmisión difieren tanto en costos como en los requerimientos para implementarlos, a continuación, se detallarán los diferentes medios de transmisión que pueden ser aplicados al caso de estudio.

Zigbee

Fue desarrollado por la Alianza ZigBee y es un estándar, en el cual se definen un conjunto de protocolos que nos sirve en la elaboración de redes inalámbricas que tienen distancias pequeñas y que necesite una velocidad para el envío de datos baja. Este estándar va a operar únicamente en las siguientes bandas:

- 868 MHz
- 915 MHz
- 2.4 GHz

Y solo puede enviar datos de hasta 250 Kbps. (Dignani, 2011)

Zigbee funciona en base al internet de las cosas, y está diseñado para los requisitos especiales que se dan para la comunicación de dispositivo a dispositivo. El internet de las cosas o IoT es la interconexión que se tiene entre cualquier tipo de objeto cotidiano, como son los electrodomésticos y artículos electrónicos con el internet.

Algunas de las ventajas de Zigbee son:

- Confiable y robusto, debido a que usa redes de malla de múltiples saltos con el fin de que se pueda eliminar los puntos de falla y poder así ampliar el alcance de las redes.
- Cifra sus datos con AES-128, contraseñas de dispositivo y red, entre otros, lo que lo vuelve más seguro.
- En 2.4GHz está disponible sin una licencia para todo el mundo.
- Tiene un ciclo de transmisión efectivo que es menor a un 0.1%.
- Zigbee es el estándar número uno en lo que respecta a redes de sensores.

Zigbee está diseñado en especial para la conducción de los controles, y para que se pueda recolectar datos de sensores diferentes. Este es apto para el trabajo con múltiples dispositivos que sean de tipo portátil en el cual la vida útil de todas las baterías de los mismos es un factor muy importante. (Dignani, 2011)

Nodos y topología de red en Zigbee

En una red de ZigBee pueden existir un tanto de doscientos cincuenta y cuatro nodos, y dependiendo los grupos que se realice en la misma, pueden existir hasta 255 clusters de nodos, y entonces se habría hasta 64770 nodos, en diferentes tipos de red como son: malla, estrella o con árboles en grupo como se va a ver en la siguiente figura. (Moreno, 2007)

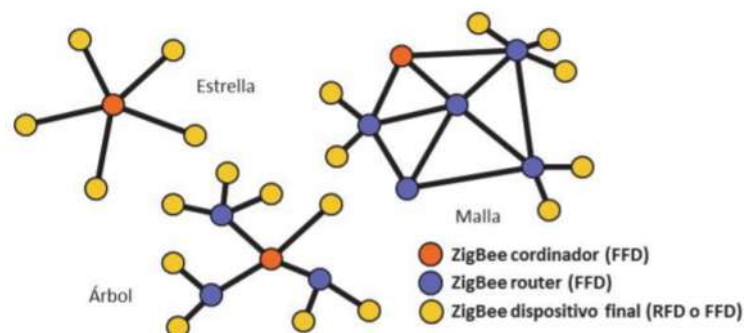


Figura 25. Diagrama de la estructura de una red ZigBee Tomado de (Salazar, 2019)

Estas redes usan el multi-hop y esto es lo que logra que las redes de ZigBee abarquen una mayor área.

ZigBee posee 3 tipos de dispositivos los cuales son:

- Coordinador
 - Solo va a existir un coordinador por red y en este empieza la red de ZigBee, además es el coordinador de Personal Area Network.
- Router
 - Este va a estar asociado de manera directa con el coordinador de la red o con un router distinto de tipo ZigBee y también puede hacer el trabajo de un coordinador, este tiene el objetivo de encargarse de los múltiples saltos en los distintos mensajes.
- Dispositivo final
 - Es el elemento vital dentro de la red, y no realiza enrutamiento de ningún tipo.

Un ejemplo para una posible configuración de esta red de ZigBee podría ser:

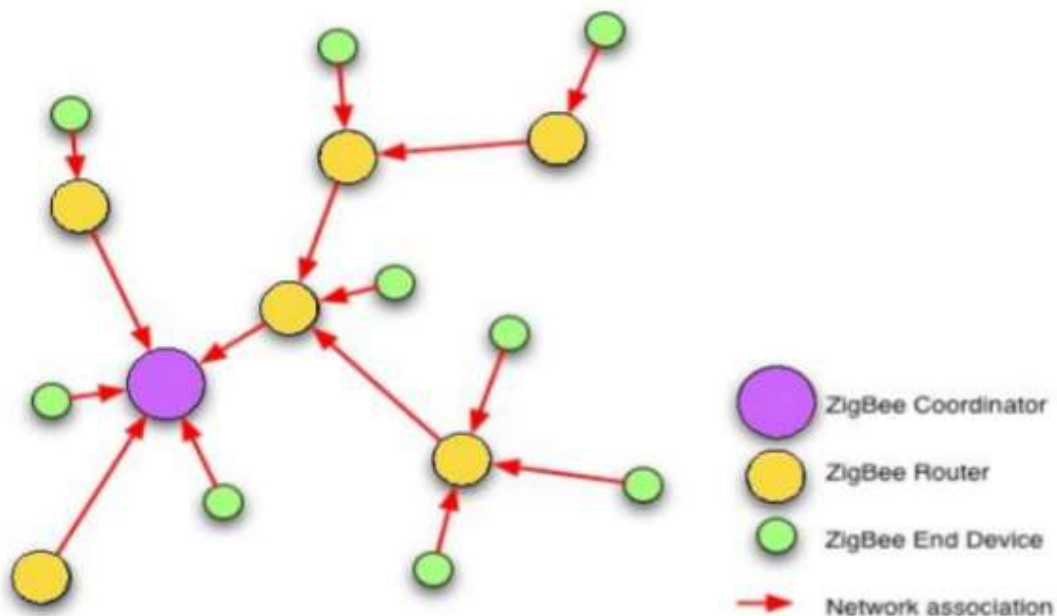


Figura 26. Ejemplo de una red ZigBee.

Tomado de (Salazar, 2019)

Arquitectura de ZigBee

La arquitectura de ZigBee se basa en varios componentes dentro de las capas como el IEEE 802.15.4 en la capa de MAC, capa física y la capa de red (NWK). Podemos ver la arquitectura usada por ZigBee a continuación

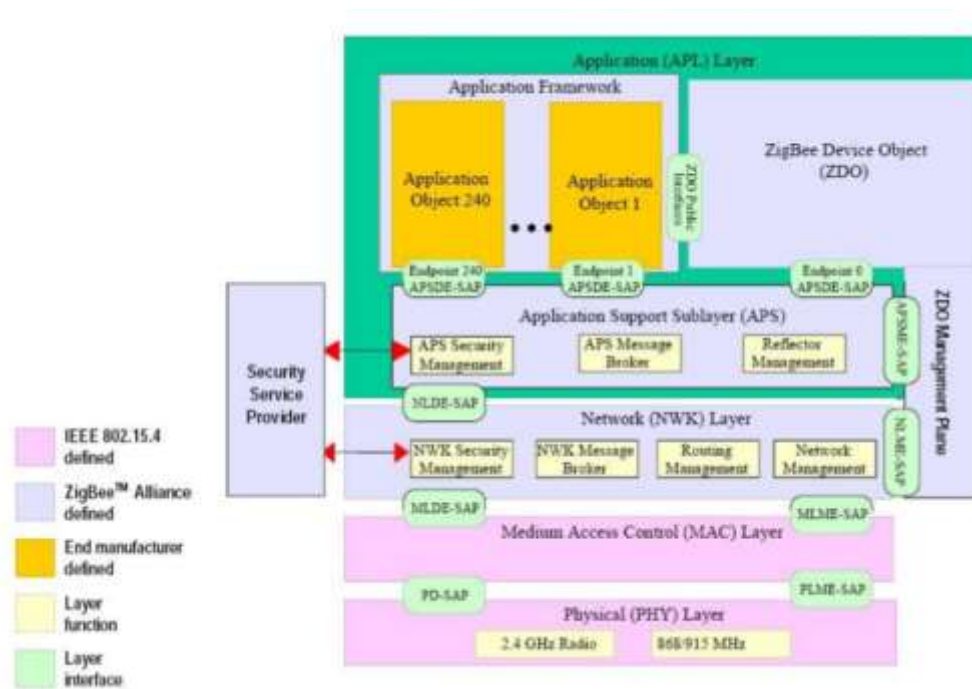


Figura 27. Arquitectura ZigBee.

Tomado de (Moreno, 2007)

Como se puede observar en la gráfica de la arquitectura, la capa de aplicación la cual a su vez se divide en más capas, de las cuales la capa de soporte de aplicación va a ser la encargada de proporcionar un framework entre la capa de red de ZigBee denominada NWK.

Los servicios en la misma son ofrecidos por dos entidades, que son la entidad de datos y la entidad que gestiona el APS.

Este APSDE se encarga de proporcionar el servicio necesario para que se puedan transmitir los datos, y que se puedan transportar los datos entre dos o más dispositivos dentro de una misma red.

El APSME va a proporcionar un servicio de descubrimiento y enlace de los dispositivos y este es el que mantiene una base de datos.

A continuación, se puede observar una tabla de comparación entre el protocolo de comunicación ZigBee y Bluetooth.

Tabla 4.

Comparación ZigBee y Bluetooth.

Característica	Zigbee	Bluetooth
Modulación	DSSS	FHSS
	11 chips/segundo	1600 saltos/segundo
	62,5 Ksimbolo/segundo	1 Msimbolo/segundo
	4 bits/segundo	1 bit/segundo
Tasa de información pico	127 Kbit/segundo	108-723 kbit/segundo
Tiempo de enumeración	30 ms típico	> 3 s, típico 20 s
Tiempo de transición de sleep to wake up	15 ms típico	3 s típico
Tiempo de un esclavo activo de acceso al canal	15 ms típico	2 ms típico

Tomado de (Moreno, 2007)

2.2.4.1. Bluetooth

Es un protocolo de comunicaciones inalámbricas que posee un corto alcance y que además tiene un bajo consumo de potencia, este protocolo trabaja en la banda de 2.4 GHz y no solo admite el contenido de audio si no también el de datos. (Linares, Quijano & Holguin, 2004)

El objetivo de bluetooth es el de eliminar cualquier tipo de cable, menos los de alimentación, en dispositivos no solo portátiles si no también fijos. Este tipo de tecnología es ampliamente difundida en PDA (Personal Digital Assistance), debido a que es pensada para que se adapte en dispositivos que sean de pequeño tamaño y bajo costo.

Esta tecnología busca interoperabilidad y compatibilidad con cualquier otro dispositivo que posea Bluetooth, sin importar el fabricante de este.

Las principales características que posee Bluetooth son:

- Trabaja en banda de 2.4GHz a una velocidad de 720 Kbps.
- Maneja una modulación GFSK.
- Soporta hasta un total de 8 terminales en una piconet.
- Puede transferir dos tipos de datos en sus equipos terminales, que son los SCO, los que tienen una conexión que además son síncronos y los ACL o no orientados a conexión, que son asíncronos

Bluetooth emplea una serie de protocolos en su núcleo, y estos protocolos son una base de su funcionamiento, podemos ver en la figura a continuación los protocolos usados por Bluetooth.

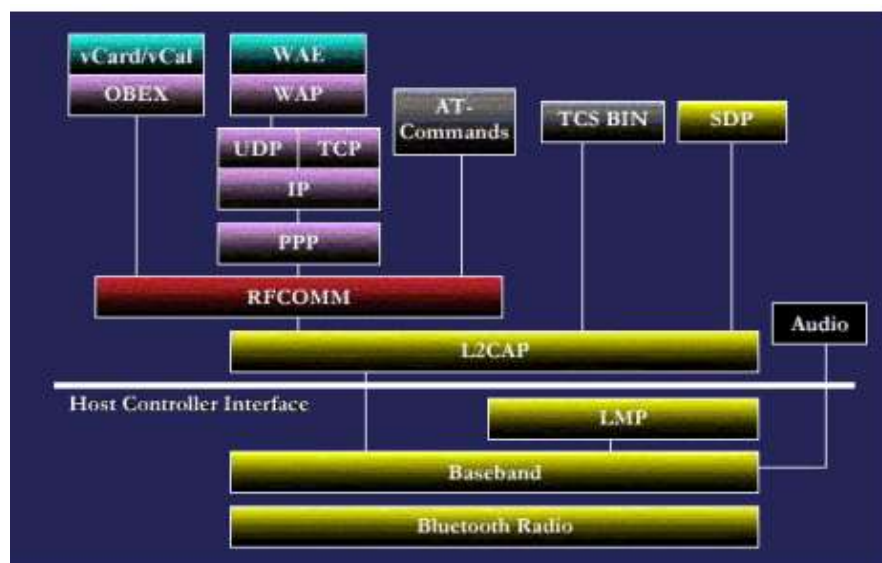


Figura 28. Protocolos usados por Bluetooth.

Tomado de (Acosta, 2006)

Bluetooth se divide en 4 capas lógicas que son:

- Core de Bluetooth: Banda base, Radio, LMP, L2CAP, SDP.

- Reemplazo de cables: RFCOMM.
- Los protocolos que se adaptan: UDP, PPP, TCP, OBEX, IP, WAE, WAP, IRMC."
- Manejo de la telefonía: AT-Commands, TCS-binary."

Redes de Bluetooth:

Bluetooth utiliza únicamente dos tipos de topología que son: punto a punto o punto a multipunto, como podemos ver a continuación: (Hernández & Puerta, 2014)

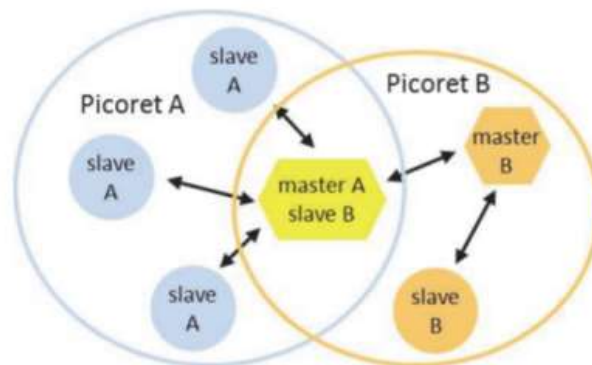


Figura 29. Redes de Bluetooth.

Tomado de (Salazar, 2019)

En este protocolo los dispositivos se comunican entre sí mediante redes que se denominan piconets, estas redes pueden incrementarse para obtener 8 conexiones de punto a punto. Estas pueden ampliarse con el uso de scatternets, que es una red que se produce al conectar 2 terminales que pertenecen a dos piconets distintas. En esta topología, los piconets actúan como master, y el resto de los dispositivos como esclavos, entonces los piconets se encargan de enviar información de reloj, con el fin de que logre sincronizar y además los datos de la variación de frecuencia.

Clases de Bluetooth

Bluetooth se clasifica con dispositivos de: “Clase 1”, “Clase 2” o “Clase 3”, a continuación, se muestran los rangos de cada clase:

Tabla 5.

Clases de Bluetooth.

CLASE	POTENCIA MÁX. PERMITIDA (mW)	POTENCIA MÁX. PERMITIDA (dBm)	RANGO APROXIMADO
Clase 1	100mW	20dBm	100 metros
Clase 2	2,5mW	4dBm	20 metros
Clase 3	1mW	0dBm	1 metro

Tomado de (Salazar, 2019)

“Se diferencian por clases únicamente por la potencia de transmisión, pero estas terminales son compatibles entre clases. Generalmente si se conecta un dispositivo de clase 2 y uno de clase 1, aumenta la cobertura efectiva del dispositivo de clase 2.” (Salazar, 2019)

2.2.4.2. Wi-Fi

Creado por la organización WI-FI Alliance, la cual promueve usar tecnología inalámbrica para redes LAN, en base a los estándares IEEE 802.11. (Castro, 2005)

Los estándares IEEE 802.11a definen los distintos accesos inalámbricos que tienen las redes locales.

Este estándar va a alcanzar hasta los 54 Mbps en un rango de 5Ghz en lo que respecta a frecuencia, y con acceso de hasta 8 canales no solapados.

Las ventajas de esta tecnología son:

- Bajo costo y fácil instalación en las redes LAN.
- Posible creación de lugares con conectividad, rápidamente.
- Movilidad de los usuarios al usar esta tecnología.

- Costo reducido de los dispositivos para que esta pueda funcionar.

La tecnología Wi-Fi da la posibilidad para poder crear grandes redes inalámbricas con el fin de que se pueda compartir periféricos, impresoras, consolas de video juegos, equipos de audio, y además conexiones a internet.

Las redes inalámbricas Wi-Fi son fáciles de adquirir, un poco más complicado de configurar, pero son difíciles en lo que respecta a protegerlas, y no se adapta con otras conexiones wireless como el Bluetooth. (Hellín, 2013)

A continuación, se muestra una tabla con los protocolos utilizados por Wi-Fi IEEE 802.11.

Tabla 6.

Protocolos utilizados por Wi-Fi.

Protocolo	Frecuencia	Ancho del canal (MHz)	MIMO	Velocidad de datos máxima
802.11ax	2,4 o 5GHz	20,40,80,160	MIMO-MU	2,4 Gbps
802.11ac wave2	5 GHz	20,40,80,160	MIMO-MU	1,73 Gbps
802.11ac wave 1	5 GHz	20,40,80	SU-MIMO	866,7 Mbps
802.11n	2,4 o 5GHz	20,40	SU-MIMO	450 Mbps
802.11g	2,4 GHz	20	NA	54 Mbps
802.11a	5 GHz	20	NA	54 Mbps
802.11b	2,4 GHz	20	NA	11 Mbps
802.11	2,4 GHz	20	NA	2 Mbps

Tomado de (INTEL, 2019)

Elementos de una red Wi-Fi

- Punto de Acceso:

- Este dispositivo se encarga de gestionar los datos transmitidos y se encarga de que llegue al destino. Es la que une la red Wi-Fi con la cableada.
- Antena:
 - Estos elementos remiten señales aéreas, como ondas electromagnéticas, las cuales llevan los datos que va a llegar al otro dispositivo.
- Terminal externo Wi-Fi
 - Dentro de Wi-Fi existe una tarjeta que permite que se conecten los usuarios con la red 802.11.
- Antena de equipo terminal y pigtail
 - Es la que suministra la cobertura al usuario para que se enlace a la red Wi-Fi.

A continuación, se puede ver los elementos mencionados de la arquitectura de una red Wi-Fi.

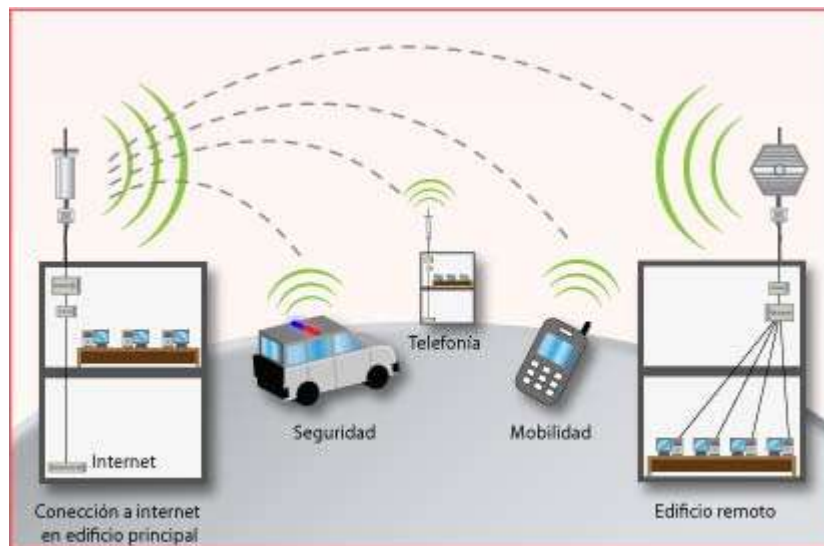


Figura 30. Arquitectura de una red Wi-Fi.

Tomado de (Badajoz, 2015)

Topología de una red Wi-Fi

Pueden existir dos tipos de topología que son:

- Redes sin infraestructura:
 - Como por ejemplo las redes Peer-to-Peer y las redes MESH, que no han tenido gran adaptación en el mercado.
- Red en modo infraestructura
 - Este tipo de red maneja APs y muestra de esta forma mayor eficacia que la red Peer-to-Peer, dado que controla y se realiza el transporte procurar que cada paquete llegue a su destino y mejora la velocidad en general.

2.2.4.3. WSN

Es una red inalámbrica de sensores, en donde existe un conjunto de nodos multifuncionales que no tienen un costo elevado y no derrochan energía. Cada uno de estos nodos, tienen sensores, microprocesadores y transceptores, los cuales sirven para que se pueda tener una habilidad de detección, comunicación y el tratamiento de datos. Estos se comunican a distancias cortas, por un medio inalámbrico y todas juntas pueden lograr una determinada tarea como es el monitoreo de los procesos industriales. (Regoli & Martinez, 2013)

Las redes WSN son propuestas debido a que tienen un bajo costo de instalación y mantenimiento, además de que es muy simple el reemplazo y escalamiento de esta, es usada debido a que la tasa de fallas es muy baja en lo que respecta a interfaces físicas y tiene una amplia disponibilidad en los sistemas electrónicos y mecánicos.

El WSN es utilizado en la actualidad debido a que tiene las siguientes ventajas:

- Es confiable, debido a que: envía información en tiempo real y es redundante, monitoreando los enlaces mediante tecnología de radio de última generación
- Es segura, debido a que: Tiene un encriptamiento, autenticación, autorización y normalización.

- Es Robusta, debido a que se encuentra encapsulado con varios grados de protección y tiene una estabilidad mecánica y fácil instalación y administración.
- Tiene un buen tiempo de respuesta y bajo consumo de potencia
- Sus mediciones son precisas.



Figura 31. El WSN capas y ventajas.

Tomado de (Valenzuela, 2012)

Las características de las redes WSN son:

- Son escalables, y pueden llegar a tener muchos nodos.
- Normalmente son alimentadas por medio de baterías.
- Tienen altas limitaciones en lo que respecta al rango de comunicaciones, capacidades computacionales, y almacenamiento.
- Debido a que se usan generalmente en ambientes hostiles, los nodos son propensos a fallos.
- Gracias a los fallos en los nodos, este tipo de red presenta cambios frecuentes en su topología.
- Cada nodo de esta red es frágil en sí mismo.

- Tiene un patrón de tráfico "many-to-one" debido a que la información fluye desde muchos sensores hacia una misma estación base.

Arquitectura de comunicación de WSN

Las WSN normalmente se despliegan dentro de un campo de sensores, en donde los nodos almacenan información, los cuales son encaminados hacia el administrador por medio de la comunicación multisalto dirigida hacia el drenaje, el cual se va a estar en contacto con el administrador por medio de Internet o de forma satelital.

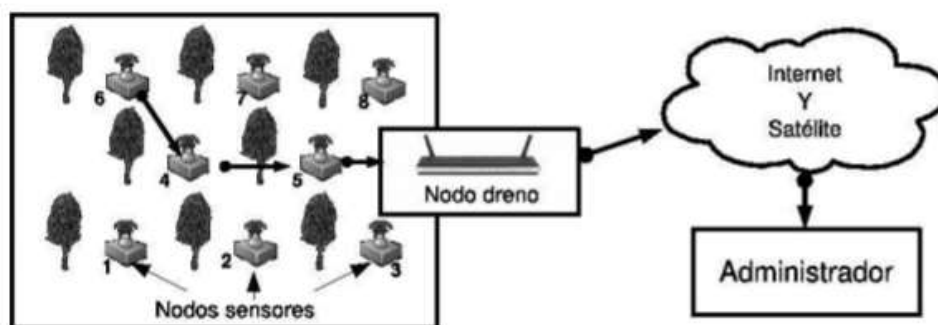


Figura 32. Nodos de sensores desplegados en un área forestal. Tomado de (Tavares, 2012)

Elementos de las WSN

Cuenta con dispositivos no muy grandes y con habilidad para los cambios que se producen en el ambiente por medio de un sistema basado en sensores, lo que permite la comunicación entre transmisor y receptor. (Tavares, 2012)

- Sensores:
 - Adquieren del medio los datos y transforman está en pulsos eléctricos.
- Nodos:
 - Adquieren información del sensor por medio del Gateway y estos remiten los datos a través de la estación base.

- Gateway:
 - Esto se ocupa para interconectar las redes con los protocolos y las distintas arquitecturas en todos los niveles de comunicación.
- Estación Base:
 - Recolecta los datos.
- Red inalámbrica:
 - Establecida a partir del estándar de 802.15.4 ZigBee.

Este diseño se basará en el posterior análisis del estado del arte, presentado en la parte inferior, en donde se analizan problemáticas a nivel mundial junto con sus soluciones.

3. ESTADO DEL ARTE

El presente estado del arte permite conocer las investigaciones que se han realizado hasta el presente, analizar el vacío existente en el Ecuador y el desarrollo de las sus industrias y poder proponer el diseño de un sistema innovador de medición de variables y transferencia de datos dentro de la granja. Se seleccionaron artículos de revistas, que son relevantes en el área de electrónica y telecomunicaciones para sistemas de monitoreo para el caso de estudio.

En la actualidad existen una serie de problemas con respecto a la contaminación y por ello se han creado una serie de sistemas, los cuales nos ayudan en el control de la eficiencia energética. Dentro de los documentos revisados en el estado del arte, se encuentra documentos esenciales para lograr realizar un diseño en base tanto a la comunicación que manejan, como pueden ser los módulos, tecnologías, entre otras. Así como también de los sensores que se han diseñado para distintos objetivos y como ha sido su funcionalidad, adicional a ello también se cuenta con sistemas propuestos para distintos medios.

Todos estos documentos han servido de aporte para lograr diseñar el sistema de monitoreo novedoso en base a la investigación realizada, para así poder diseñar en la granja experimental de Nono, un sistema que se adapte a los

requerimientos de esta en base a las nuevas tecnologías y proponiendo ciertas técnicas que podrían reducir el consumo energético.

Para la división del estado del arte revisado se clasificó en tres categorías importantes, que son:

- Comunicación
- Sensores
- Sistemas de medición

3.1. Comunicación

Los autores: Carratù Marco, Ferro Mateo, Paciello Vincenzo, Pietrosanto Antonio y Somella Paolo, publicaron un artículo en la revista IEEE sensors en el año 2017 sobre "*Performance Analysis of wM-Bus Networks for Smart Metering*", cuyo objetivo era proponer un método novedoso basado en el tratamiento estadístico del valor de indicación de la intensidad de la señal recibida para abordar el problema de la gestión remota de la potencia de transmisión del medidor inteligente. Este artículo utiliza un wM-Bus para tener un consumo bajo la potencia por la transmisión de radio y alcanza una mejor cobertura, por ello se puede usar la medición inteligente como la mejor aplicación. El caso de estudio tratado fue RSSI (indicador de fuerza de la señal recibida) adaptando la potencia de la transmisión de los medidores en la calidad de la señal utilizando el software Google Maps para verificar como se obtenía la señal en todo el mapa dentro de la ciudad. Este análisis fue realizado en Italia. (Carratù et al., 2017)

Las infraestructuras de medición avanzadas se usan tanto como para ciudadanos, así como para empresas buscando la ciudad inteligente. El principio de la ciudad inteligente trata de que los servicios para los ciudadanos deben ser entregados a distancia.

Esta investigación se la realizó en Italia, al probar un wM-Bus para tener una red con una duración de batería larga y un mejor alcance dentro de la ciudad.

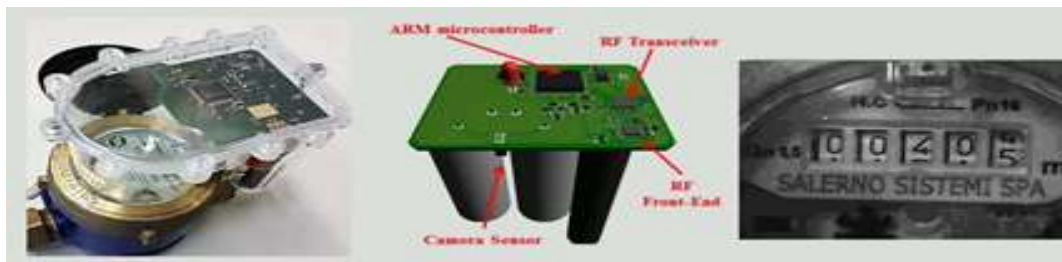


Figura 33. Water Smart Meter.

Tomado de (Carratù et al., 2017)



Figura 34. Smart Gas Meter.

Tomado de (Carratù et al., 2017)

Agrupando los sensores inteligentes en la WSN se puede evaluar la calidad de transmisión. Esto para que la potencia de transmisión de los sensores sea manejada por control remoto. Todo esto buscando una gestión diaria de contadores.



Figura 35. Mapa con la intensidad de la señal.

Tomado de (Carratù et al., 2017)

Las principales ventajas son:

- La potencia de transmisión regulable.
- Garantizar tasas de error de transmisión bajas.
- Ahorro de capacidad de la batería, dado el consumo por RF más bajo por su corto alcance.
- No está el modo de recepción en forma pasiva solo transmite.
- Rangos de transmisión por debajo de los GHz con un largo alcance.

Ciertas desventajas son:

- Los dispositivos que se van a conectar al internet ocupan batería.
- Las antenas deben estar dentro del rango de cobertura de al menos 1 puerta de enlace.
- Depende mucho de las condiciones meteorológicas.
- Los edificios y construcción influyen mucho en la transmisión.

Por otro lado, los autores: Amaxilatis Dimitrios, Akrivopoulos Orestis, Mylonas Georgios y Chatzigiannakis Ioannis, publicaron en la revista IEEE Sensors en el año 2017 un artículo sobre: "*An IoT-Based Solution for Monitoring a Fleet of Educational Buildings Focusing on Energy Efficiency*", cuyo objetivo era promover la conciencia de la sostenibilidad y la eficiencia energética en un entorno educativo, utilizando datos del mundo real en conferencias de clase, laboratorios educativos, monitoreo de edificios y gamificación. Este artículo usa la metodología de varias tecnologías IoT como infraestructura instalada dentro de estos edificios escolares, mientras que sigue un enfoque abierto y basado en la nube para su implementación, que permite el desarrollo de aplicaciones encima de él, utilizando el software BMS. Este artículo proporciona un sistema que cubre las necesidades mencionadas, sirve como plataforma para monitorear una flota de edificios educativos, se enfoca en el monitoreo de energía y permite una serie de diferentes aplicaciones e instrucciones de implementación, basadas en una infraestructura de IoT implementada dentro de dichos edificios. (Amaxilatis, Akrivopoulos, & Mylonas, 2017)

Este artículo trata sobre el diseño de un sistema eficiente junto con una visión sostenible, utilizando infraestructuras de IoT combinadas con un conjunto diverso de retroalimentación y mecanismos de interfaz, para involucrar a sus usuarios finales en cambios de comportamiento a largo plazo. El sistema se implementa en edificios escolares en varios países que representan áreas del sur, centro y norte de Europa, con diversidad cultural y geográfica. El sistema se desarrolla a partir de tecnologías y servicios de código abierto para que el sistema se abra y proporcione una infraestructura de TI abierta capaz de admitir diferentes proveedores de hardware / sensores comerciales, así como soluciones de código abierto.

El sistema presentado se puede utilizar para desarrollar y ofrecer nuevas soluciones basadas en aplicaciones que se pueden usar con fines educativos o para administrar la eficiencia energética del edificio. El sistema es replicable y adaptable a configuraciones que pueden ser diferentes a los escenarios que se contemplan aquí (por ejemplo, dirigidos a diferentes zonas climáticas), diferentes infraestructuras de TI y se pueden ampliar fácilmente para adaptarse a la integración con otros sistemas.

Se utiliza para almacenar todo una CPU Intel R CoreTMi5-3340 que funciona a 3.10 GHz con 4 GB de RAM, en la nube se ejecuta la máquina virtual.

Las principales ventajas son:

- Versatilidad
- Escalabilidad
- Soluciones basadas en la nube.
- El sistema da muchas APIs.
- Se reduce el consumo de energía.
- Se puede adaptar el sistema propuesto a la necesidad prevista.
- Procesa 500 mediciones por segundo.

Ciertas desventajas son:

- Aun se debe cambiar el comportamiento de las personas.
- Poca capacidad del sistema para aplicaciones construidas alrededor.
- Solo trabaja para consumo de energía y no para ambiente.

Los autores: Erazo Mayra, Sandoval Mary, Muñoz Sergio, Huerta Mónica, Rivas David y Rojo José, publicaron un artículo en la revista IEEE Sensors en el año 2018, sobre “*Multiparametric Monitoring in Equatorian Tomato Greenhouses (II): Energy Consumption Dynamics*”, cuyo objetivo era Proporcionar un análisis detallado de la dinámica del consumo de energía en tres tipos de WSN, a saber, ZigBee con topología de estrella, ZigBee con topología de malla (aquí denominada DigiMesh) y Wi-Fi con topología de punto de acceso para monitoreo de invernadero de tomate en Ecuador. Este artículo usa la metodología donde se analizaron las topologías en estrella, malla de Zigbee y la red WiFi, para ver cuál era la óptima en cuanto a ahorro de energía dentro de un invernadero en Ecuador tomando datos cada 10 milisegundos y haciendo pruebas 10 veces, utilizando series de tiempo para analizar procesos estocásticos, utilizando el software ID PRO LibeliumTM, estudiando el caso de estudio de la dinámica de procesos de tiempo de consumo de energía en tres tipos de WSN. (Erazo-rodas, Sandoval-moreno, & Muñoz-romero, 2018)

De acuerdo con el tipo de sensores que se instalan en cada red se consume la energía de diferente forma, siendo el sensor de CO2 uno de los sensores donde más se consume energía, dentro de este estudio. La topología en estrella ahorra energía independientemente de la velocidad de transmisión, con relación a las otras, pero la que más consume es la red Wi-Fi.

Se incorporó un módulo de comunicación XBEE ZB S1 PRO, que se fabrica con tecnología de potencia ultra baja, por lo que su consumo fue menor.

El trabajo busca dar una perspectiva de cómo trabajan las diferentes redes, para adecuar a los invernaderos sin afectar la calidad de los datos a monitorear.

De acuerdo a los tiempos de duración de cada transmisión se lograron ubicar los picos periódicos en la serie de tiempo. (Erazo-rodas, Sandoval-moreno, & Muñoz-romero, 2018)

En ciertos nodos se puede predecir el consumo mediante un estudio de estacionalidad, como en los Nodos coordinadores o los nodos de los sensores de CO₂, o sensores de viento. El estudio de estacionalidad de una serie temporal es la variación de forma periódica y predecible de la misma que tiene un periodo inferior o igual a un año.

Las mediciones de corriente eléctrica de los nodos se adquirieron a una velocidad de muestreo rápida, utilizando multímetros de alta resolución que se conectaron a la estación de almacenamiento de datos a través de una red de área local.

La red Wi-Fi se puede considerar como una segunda opción adecuada, ya que el nodo coordinador es un dispositivo cuyo sistema de suministro es la red eléctrica comercial y no una batería. Por lo tanto, su alto consumo no es una limitación, y el consumo promedio de los nodos sensores estuvo muy cerca de los medidos en la red ZigBee. La red DigiMesh sería recomendable para aplicaciones donde se prioriza la redundancia de los enlaces de comunicación en lugar del ahorro de energía.

Las principales ventajas son:

- WSN es menos costoso que las tecnologías Wireless más antiguas.
- Facilidad de instalación.
- Conectividad.

Ciertas desventajas son:

- Duración corta de la batería del WSN.
- Se adquiere datos redundantes
- Ciclo de trabajo bajo.

- Mucho consumo de energía en los nodos.
- Baterías pequeñas limitan comunicaciones de larga distancia por falta de potencia.

Los autores: Liu Yining, Cheng Chi, Gu Tianlong y Jiang Tao, publicaron en la revista IEEE Sensors, en el año 2016 un artículo sobre: "*A Lightweight Authenticated Communication Scheme for Smart Grid*", cuyo objetivo era proponer un esquema de comunicación ligero y autenticado para la red inteligente, que garantiza una comunicación segura de dos vías entre los medidores inteligentes y la puerta de enlace del vecindario, que cifra y autentica los datos transmitidos en la red inteligente. Este artículo utiliza la metodología de medidores inteligentes solo necesitan ejecutar las operaciones de OR exclusivo a nivel de bits para cifrar los datos de uso recopilados, y se utiliza la fórmula de interpolación de Lagrange para autenticar al remitente; Los mensajes transmitidos pueden ser autenticados a tiempo real. El caso de estudio tratado fue la autenticación en los medidores inteligentes para cifrar datos. (Liu et al., 2016)

En redes inteligentes, se han equipado varios tipos de sensores en medidores inteligentes para recopilar datos de consumo en tiempo real y ejecutar las instrucciones desde el centro de administración de energía, lo que lleva a un sistema de redes más robusto y amigable para el cliente.

La carga de almacenamiento y el costo de comunicación de los medidores inteligentes se pueden reducir significativamente. El análisis de seguridad muestra que la transmisión de mensajes entre los medidores inteligentes y la puerta de enlace del vecindario se puede realizar de manera confidencial y autenticada. Además, en comparación con otros esquemas existentes, el análisis de rendimiento demuestra que el esquema propuesto tiene un menor costo de almacenamiento y comunicación.

Las principales ventajas son:

- Almacenamiento y comunicación más baratos.

- Confidencialidad.
- Autenticación en tiempo real.
- Respuesta a ataques con resistencia.

Ciertas desventajas son:

- Se debe contar con una infraestructura de Core, acceso y agregación.
- Los medidores inteligentes tienen poco espacio, por lo que no se deben asignar mucho espacio a las APIs.

Los autores: Lin Zhi-Ting, Zheng Jie, Ji Yu-Sheng, Zhao Bao-Hua, Qu Yu-Gui, Huang Xu-Dong y Jiang Xiu-Fang. Publicaron en la revista IEEE Sensors en el año 2010 un artículo sobre: "*EMMNet: Sensor Networking for Electricity Meter Monitoring*". Este caso de estudio presenta una colección de requisitos y directrices que sirven de base para una arquitectura general de sensores inteligentes para monitorear medidores de electricidad. También presenta una red de monitoreo de medidores de electricidad, llamada EMMNet, que consta de recolectores de datos, concentradores de datos, dispositivos portátiles, un servidor centralizado y clientes. EMMNet proporciona capacidades de comunicación a larga distancia, lo que lo hace adecuado para entornos urbanos complejos. También se propone un nuevo protocolo de árbol dinámico basado en los requisitos de la aplicación que puede mejorar significativamente la confiabilidad de la red. EMMNet se basa en una infraestructura de red heterogénea. En el campo de lectura automática del medidor de electricidad, un nodo sensor generalmente se denomina recolector de datos, y una estación base o pasarela en la red de sensores se denomina concentrador de datos. EMMNet involucra la recolección de datos, la transmisión y las fases de acceso, podemos observar la arquitectura de EMMNET a continuación.

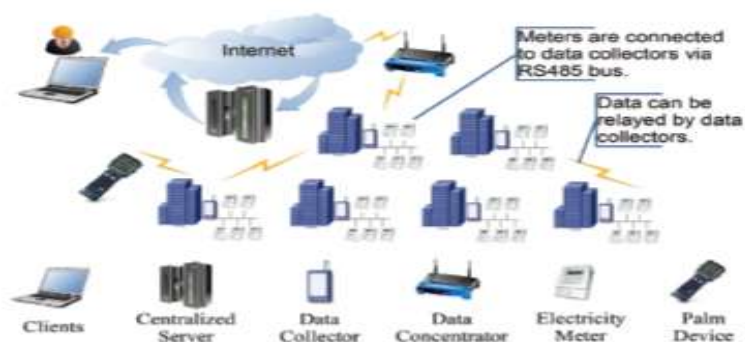


Figura 36. Arquitectura de EMMNET.

Tomado de (Lin et al., 2010)

Para obtener información de potencia real promedio, el medidor de electricidad utiliza un ADE7755, que es un sensor de medición de energía eléctrica de alta precisión. Se conecta medidores de electricidad a recolectores de datos a través de un bus RS485. Los datos del sensor en el sistema fluyen desde los recolectores de datos a un concentrador de datos a través del protocolo DT. Los datos también pueden transmitirse a través de recolectores de datos si los medidores de electricidad están lejos del concentrador de datos. Los concentradores de datos transmiten los datos del medidor de electricidad al servidor remoto centralizado que proporciona el registro de datos.

Los datos se transmiten utilizando el conjunto de protocolos TCP / IP y, por lo tanto, pueden transmitirse a través de muchos tipos de redes, incluidas LAN, CDMA y GPRS. También se propone una arquitectura back-end cliente / servidor para proporcionar una interfaz de usuario al sistema y admitir un procesamiento centralizado adicional para aplicaciones de nivel superior.

Los clientes pueden acceder a sus facturas de electricidad siempre que sea necesario, y un administrador puede verificar el estado de los medidores de electricidad y modificar los parámetros de cada medidor de electricidad si es necesario. Otro asunto interesante que además resulta una ventaja del sistema es que el costo operacional de EMMNet (red de monitoreo de medidores de electricidad) es bajo, en comparación con otros sistemas de monitoreo de

medidores remotos existentes basados en GPRS y además los resultados de la evaluación indican que EMMNet mejora la eficiencia y la precisión en la lectura, el registro y la calibración de los medidores de electricidad.

Por otro lado, los autores: Spachos Petros y Dimitrios Harzinakos publicaron en la revista IEEE Sensors en el año 2016 un artículo sobre: “*Real-Time Indoor Carbon Dioxide Monitoring Through Cognitive Wireless Sensor Networks*” cuyo objetivo general es monitorear y detectar la concentración de dióxido de carbono en tiempo real y brindar alertas generales de calidad del aire de manera oportuna. El objetivo principal de este enfoque es construir un prototipo que tenga un impacto mínimo en la infraestructura existente del edificio. Para lograr esto, siguen una técnica de red cognitiva con un protocolo de enrutamiento oportunista. Se propone un marco de procesamiento de información, para detectar valores atípicos, formar paquetes de datos y calibrar los sensores. (Spachos & Hatzinakos, 2016)

El rendimiento del sistema se examinó en una pequeña región de un edificio. El sistema logra reportar la concentración de CO₂ en tiempo real, mientras que el marco de procesamiento de información no toma los valores atípicos. El sistema fue comparado en términos de retraso de paquetes con un sistema de monitoreo simple. La comparación fue tanto en simulación como en experimentos. El sistema propuesto funciona mejor que un simple sistema de monitoreo.

Framework del sistema de Spachos y Harzinakos:

Tiene 3 unidades importantes:

Nodos de monitoreo inalámbricos: los sensores de dióxido de carbono se combinan con módulos de radio para formar nodos de monitoreo inalámbricos. Los datos del sensor se pasan a la radio, se forman en paquetes y se transmiten hacia la sala de control. Cada nodo sensor monitorea el área alrededor de él continuamente.

Nodos de retransmisión: un sistema de red inalámbrica ad hoc se compone de dispositivos fáciles de usar. Los nodos de reenvío reenvían cualquier paquete recibido hacia la sala de control, siguiendo el protocolo de enrutamiento diseñado. El protocolo admite la transmisión de datos detectados en tiempo real de varias fuentes.

El número de dispositivos varía con el tiempo y los nodos, ya sea monitoreo o retransmisión, pueden unirse o salir de la red en cualquier momento.

Sala de control: la agregación de datos y el mantenimiento de la red tienen lugar en la sala de control. Todos los datos recopilados se procesan y se expresan en forma de resumen. Además, la información útil de la red se recopila y utiliza para un mejor mantenimiento de la red.

Hardware del sistema de Spachos y Harzinakos:

Tiene 3 partes importantes:

Unidad de sensor: detecta la concentración de CO₂ en el área que la rodea. Pasa todos los datos al módulo de radio. Para realizar esto se usó el sensor iAQ-2000, el cual puede medir los niveles de CO₂ y es una solución sensible y de bajo costo.

Módulo de radio: El módulo principal del sistema. Cuenta con un microcontrolador para la programación y dos antenas para la transmisión. Reenvía todos los paquetes hacia la sala de control.

- Cuando el módulo de radio está programado solo para recibir y reenviar paquetes, actúa como un nodo de retransmisión en el sistema.
- Cuando está conectado con la unidad del sensor, es un nodo de monitoreo.

Realiza todo el intercambio de datos entre diferentes nodos. La tecnología de red se basa en una arquitectura de red cognitiva que utiliza el espectro y las radios de red de manera oportunista para establecer una comunicación confiable en grandes redes inalámbricas. Cada módulo de radio tiene dos antenas y realiza

redes cognitivas en tres canales a 2.4 GHz Se utiliza una placa RapidMesh OPM15 como módulo de radio. La radio se basa en el estándar IEEE 802.15.4 para realizar una red dinámica de malla oportunista (OPM) con multifrecuencia. El rango de frecuencia es 2.405– 2.483 GHz.

Sala de control: todos los paquetes de datos de las unidades del sensor se envían al nodo de destino en la sala de control. En el sistema propuesto, un simple módulo de transmisión (radio) está conectado a una computadora. Este módulo decodifica los paquetes y extrae toda la información útil. Se desarrolla una interfaz gráfica de usuario (GUI) y se ejecuta en la sala de control. El módulo de radio pasa todos los datos a la computadora que muestra los datos en tiempo real a través de la GUI. Los datos recopilados también se almacenan en archivos para su posterior recuperación y revisión. Si la concentración de CO₂ recolectada excede un umbral definido por el usuario, la aplicación notifica al administrador del sistema. En el gráfico 37 se puede ver el sistema implementado.

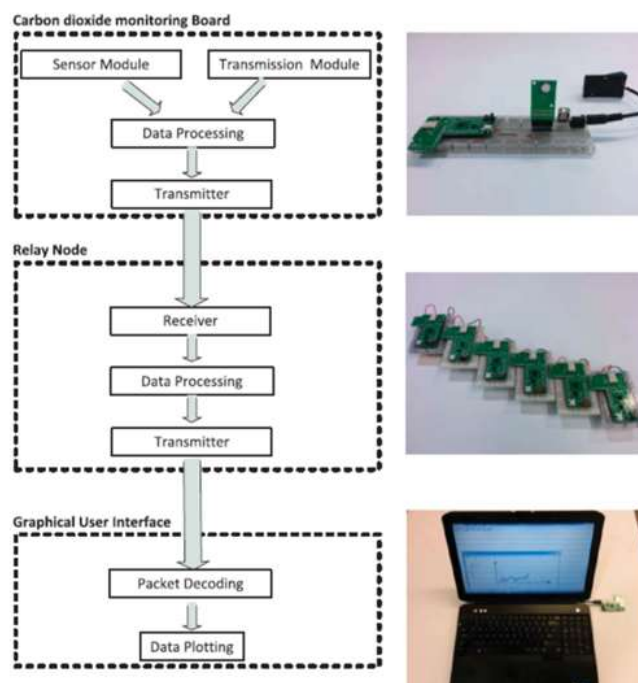


Figura 37. Sistema implementado.

Tomado de (Spachos & Hatzinakos, 2016)

Este documento presenta un sistema de red de sensores inalámbricos cognitivos en tiempo real para el monitoreo del dióxido de carbono en un ambiente interior complejo.

En este trabajo, presentamos un sistema de monitoreo de dióxido de carbono (CO₂) en tiempo real para un ambiente interior complejo.

El sistema se implementa a través de una WSN. Cada nodo en la red tiene dos antenas y sigue técnicas de redes cognitivas para minimizar la interferencia con otros sistemas.

En el área de monitoreo. El protocolo de enrutamiento de los paquetes desde la fuente hacia la sala de control sigue los principios de enrutamiento oportunistas. Por lo tanto, los nodos pueden unirse o salir de la red según las necesidades de la aplicación mientras no haya una infraestructura preexistente. El sistema está desplegado en la Universidad de Toronto.

Las principales contribuciones de este documento son las siguientes:

- Se diseña un prototipo que controla la concentración de dióxido de carbono en una habitación. El prototipo consta de dos módulos principales: la unidad del sensor, que es comercialmente disponible y el módulo de radio, que está diseñado dentro de nuestro grupo.
- Se propone un marco de procesamiento de la información. El marco describe los principios principales para detectar valores atípicos en los datos del sensor, formar un paquete con una sobrecarga mínima y calibrar los nodos del sensor periódicamente.
- Se presenta un sistema de monitoreo en tiempo real. El sistema se evalúa a través de experimentos en un complejo ambiente interior en la Universidad de Toronto. El sistema reporta con éxito la concentración de CO₂ de cuatro habitaciones al administrador del sistema a tiempo a través de una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) que también se desarrolla.

El sistema fue instalado de la siguiente manera:

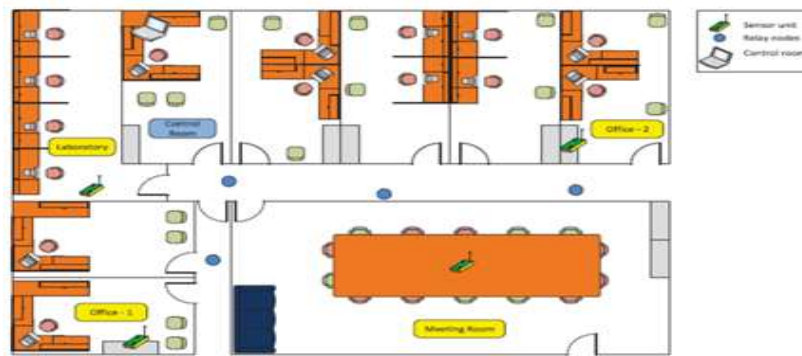


Figura 38. Ubicación del sistema.

Tomado de (Spachos & Hatzinakos, 2016)

Las ventajas que tiene este sistema de Spachos y Hatzinakos son:

- El sistema coexiste con una interferencia mínima con otros sistemas en el área de monitoreo. Un prototipo está diseñado para mostrar la transmisión de datos mejorada en tiempo real.
- WSNs (Wireless Sensor Networks) consisten en escalas en pulgadas y nodos de bajo costo que pueden integrar la detección, el procesamiento de datos, la formación de paquetes y la transmisión inalámbrica. Por lo tanto, el potencial de una WSN fácil de implementar y económica, que consta de decenas a miles de estos nodos, ha atraído una gran atención. Además, un sistema de monitoreo IAQ (Indoor air Quality) eficiente debería integrar principios ad hoc. Las unidades de monitoreo deben poder operar sin supervisión y pueden unirse o salir de la red según las necesidades de la aplicación.

La desventaja es que en la actualidad ya existen demasiados sistemas que monitorean el Co2.

3.2. Sensores

Los autores: Kumar Anuj y Hancke Gerhard, publicaron en la revista IEEE sensors en el año 2014, un artículo sobre: "*Energy Efficient Environment Monitoring System Based on the IEEE 802.15.4 Standard for Low Cost*

Requirements”, cuyo objetivo era detallar las soluciones a los problemas planteados en investigaciones anteriores.

Este artículo usa la metodología de la medición de sensores enviando información por vía Wireless utilizando un prototipo, que consiste en el módulo de comunicación, el interfaz de transductor inteligente inalámbrica y módulos de procesador de aplicaciones con capacidad de red inalámbrica.

Estos módulos se desarrollan con éxito según los estándares IEEE802.15.4, IEEE1451.2 e IEEE1451.1.

Este prototipo de sistema está probado para el monitoreo de gases de efecto invernadero y parámetros ambientales in situ y ambientes abiertos utilizando el software Wireless network capable application processor (WNCAP), estudiando el caso de estudio de un Sistema de monitoreo de entorno inalámbrico. (Kumar & Hancke, 2014)

Para alcanzar los objetivos de diseño objetivo, el módulo de comunicación, el módulo de interfaz de transductor inteligente inalámbrico y el módulo de procesador de aplicaciones con capacidad de red inalámbrica.

Módulos de interfaz de transductor inteligente inalámbrico (WSTIMs) consta de varios componentes, como un sensor con circuito de procesamiento de señal, una unidad de fuente de alimentación, una memoria y una unidad de transceptor. El nodo de sensor inalámbrico está diseñado de acuerdo con los estándares IEEE802.15.4 e IEEE1451.2 y se utiliza una serie de sensores electroquímicos. (Kumar & Hancke, 2014)

Los módulos de detección de gas de bajo costo y eficiencia energética se desarrollaron con éxito con una mejor tolerancia al ruido EMF / RFI. Definimos la recalibración del sistema en intervalos de tiempo para garantizar que se mantenga la precisión deseada.

Las principales ventajas son:

- La comunicación Zigbee se está utilizando para el desarrollo del sistema WEM porque Zigbee es una tecnología de comunicación de autoconfiguración, larga duración de la batería, bajo costo y alta confiabilidad.
- Funcionan correctamente los estándares IEEE802.15.4, IEEE1451.2 e IEEE1451.1.
- No requiere una fuente de alimentación externa, ya que utiliza la alimentación de la ranura para PC o computadora portátil USB disponible.
- Esta tecnología atraviesa mejor las paredes.

Ciertas desventajas son:

- Solo puede trabajar 50 horas.
- Es necesaria la recalibración.

Por otra parte, los autores: Zhang Jing, Qiao Xueguang, Guo Tuan, Ma Yue, Wang Ruohui, Weng Yinyan y Zhao Pei, publicaron en el año 2012 en la revista IEEE Sensors un artículo sobre "*Highly-Sensitive Temperature Sensor Using a Hi-Bi Fiber Tip Probe*", cuyo objetivo era demostrar en un sensor de temperatura utilizando una sección corta de PANDA como sonda de detección. Con fuerte efecto térmico de la birrefringencia en la fibra PANDA. Este artículo usa la metodología de utilizar una fibra óptica PANDA con una extensión menor a 5cm, en donde utiliza el principio del alta doble refracción (Hi-Bi), con el software Optical Spectrum Analyzer, estudiando el caso de estudio donde se ocupa un sensor de temperatura en base a fibra óptica mediante doble refracción.

(Hi-Bi) se ha utilizado ampliamente en aplicaciones de detección y comunicación óptica. En general, un Hi-Bi FLM se forma al empalmar una sección o varias secciones de fibra Hi-Bi entre los dos puertos de salida de un acoplador estándar 3dB, y el espectro de peine producido por el Hi-Bi FLM está muy relacionado con él. (Zhang et al., 2012)

Propiedad de la fibra Hi-Bi incorporada en la FLM. Como todos saben, la birrefringencia en la fibra Hi-Bi, particularmente en las fibras Hi-Bi inducidas por

el estrés, muestra una fuerte respuesta a las fuerzas externas y los cambios ambientales.

Esta característica hace que el Hi-Bi FLM sea factible para ser aplicado en varios campos de detección con la fibra Hi-Bi como elemento de detección.

Las principales ventajas son:

- Muy compacto
- Solo se necesita una fibra para manejar remotamente el sensor.
- Se puede adaptar aplicaciones de detección.

Ciertas desventajas son:

- Inflexible para empotrar en una estructura.
- Difícil encontrar picos dentro del espectro que se obtiene.
- Existe ruido.

Los autores: Hu Shaohua, Liu Fei, He Tan y Hu Tong, propusieron en la revista ELSEVIER en el año 2012 un artículo sobre: “*An on-line approach for energy efficiency monitoring of machine tools*”, este proyecto tenía como objetivo el de desarrollar un enfoque de monitoreo en línea con el fin de monitorear la eficiencia energética sin utilizar sensores de par o dinamómetros. (Hu, Liu, He, & Hu, 2012)

Utilizó un método, que analiza todo el consumo de energía de la máquina. Esta se divide en energía constante y consumo de energía variable, identifica los estados de operación según el perfil de potencia de entrada del eje y estima la potencia de corte a través de la ecuación de balance de potencia y la función de pérdida de carga adicional en línea. Para esto se va a realizar un sistema “on-line energy monitoring (OEEM)”. El sistema OEEM puede adquirir con precisión la eficiencia energética y otra información útil relacionada con la eficiencia energética de las máquinas (como la tara de potencia, el tiempo de RFO y el tiempo de inactividad). (Hu, Liu, He, & Hu, 2012)

Para la aplicación de este sistema se usó un Torno CNC CJK6136. Se instaló un sensor de potencia EDA9033A para medir la potencia de entrada del sistema de eje y un sensor de torque TQ201 se instaló temporalmente para verificar los resultados del experimento. Se puede ver el prototipo a continuación en la siguiente gráfica:

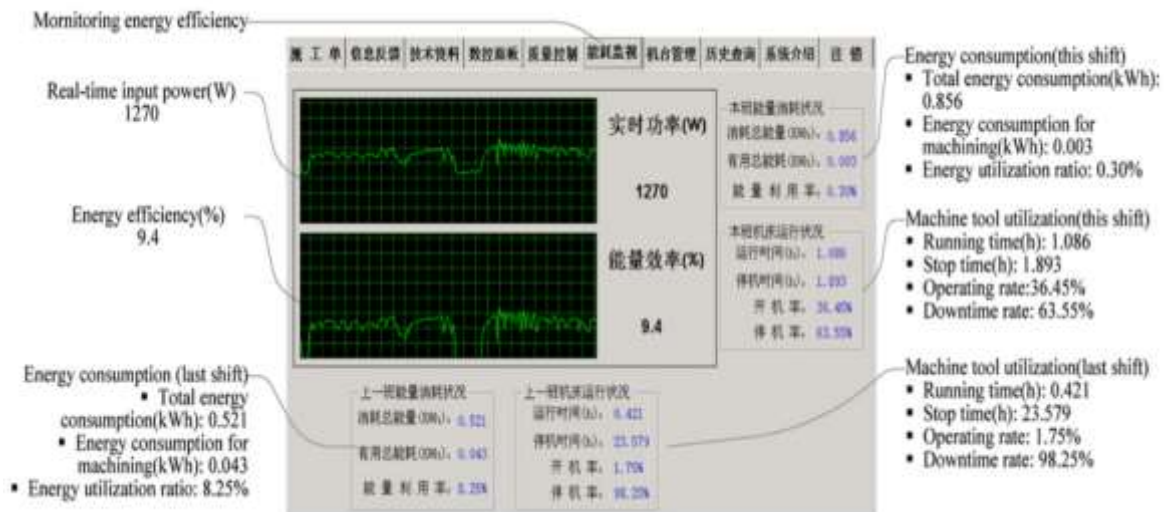


Figura 39. Sistema OEEM.

Tomado de (Hu, Liu, He, & Hu, 2012)

Una de las desventajas de este método es el requisito de un experimento de corte para la identificación de la función de pérdida de carga adicional, que necesita parámetros de corte bien diseñados y amplios materiales. Y las ventajas de este proyecto son varias como: Se realizaron muchos experimentos con el fin de verificar la efectividad del proyecto, aunque se da un ejemplo de aplicación del sistema OEEM en un torno CNC, se puede extender fácilmente a otros tipos de máquinas. Se reducen costos al solo usar un sensor de potencia EDA9033A que cuesta solo 55 dólares estadounidenses, que es muy bajo en comparación con el alto costo de un dinamómetro.

Mejora del consumo energético mediante la programación de tareas. Si se dispone de muchas máquinas con diferentes potencias de tara para una tarea, el consumo de energía se puede optimizar por tarea programada (He y Liu, 2010). Reducción de RFO y periodos de inactividad. El consumo de energía se

puede reducir acortando el tiempo de no mecanizado (RFO y períodos de inactividad)

En el año 2018, los autores: Lia Mota, Alexandre Mota, Cláudia Pezzuto, Marcius Carvalho, Marina Lavorato, Lorenzo Coiado y Everton Oliveira. Publicaron en la revista *Sensors* un estudio acerca del "*Development of a Surface Temperature Sensor to Enhance Energy Efficiency Actions in Buildings*". Este trabajo presenta el desarrollo de un sensor de temperatura de superficie que puede apoyar acciones para mejorar la eficiencia energética en el entorno construido, cumpliendo con los requisitos propuestos por los sistemas de calificación de eficiencia energética de los edificios.

Este sensor debe tener características tales como bajo costo, la capacidad de almacenamiento de una gran cantidad de datos y la posibilidad de monitoreo remoto de las temperaturas recolectadas.

Se llevaron a cabo simulaciones por computadora y pruebas de validación que demostraron que el sensor propuesto permite el monitoreo remoto (utilizando un sistema de transmisión inalámbrico) de la temperatura de la superficie de los edificios, respetando los requisitos de alta capacidad de almacenamiento y bajo costo.

El desarrollo del sensor propuesto en este trabajo se basó en el logro de cuatro pasos secuenciales: proposición del sensor de temperatura de superficie; simulación por computadora (para el análisis preliminar e indicativo de la adecuación del sensor propuesto); implementación del sensor propuesto; y pruebas de validación.

El sensor propuesto consta de cuatro elementos: un transductor de temperatura, una cápsula (compuesta de tableros de aluminio y corcho), un microcontrolador y un sistema de transmisión inalámbrica. (Mota *et al.*, 2018)

El transductor de temperatura se inserta en una cápsula y se conecta a un microcontrolador que, después de procesar los datos medidos, envía la

información al sistema de transmisión inalámbrica, que es responsable de transmitir la información adquirida a una base o a una central de monitoreo. En el gráfico se observa el sistema a implementar.

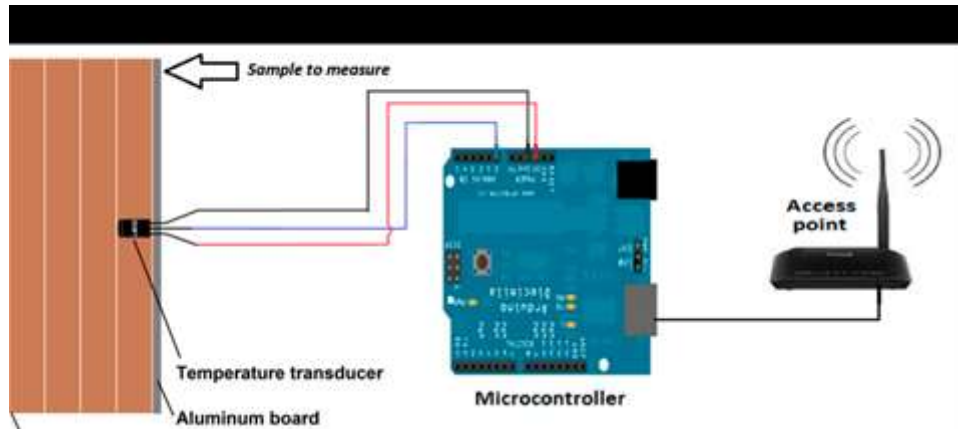


Figura 40. Sistema por implementar.

Tomado de (Mota et al., 2018)

Después se realizaron simulaciones en computadora, las cuales fueron diseñadas para investigar la influencia de la masa y de los materiales del sensor propuesto en las mediciones de temperatura de la superficie. el objetivo de la simulación era verificar si la placa de aluminio afecta o no las mediciones de temperatura.

Este análisis se llevó a cabo observando el comportamiento de la temperatura de la superficie (en función del tiempo) en una muestra de una tecnología de envoltura común utilizada en edificios, cuando fue calentada por una fuente externa

Por último, se realizó un test de validación, en el cual la validación del sensor de temperatura de superficie propuesto se llevó a cabo en un banco de pruebas.

El objetivo de estas pruebas de validación fue verificar la validez del sensor desarrollado basándose en la comparación de los resultados obtenidos (mediciones de temperatura de la superficie) utilizando el sensor propuesto y utilizando un sensor de temperatura comercial (llamado sensor de referencia).



Figure 9. Electrical diagram of the test bench used in the validation tests.

Figura 41. Sistema de validación.

Tomado de (Mota et al., 2018)

Entre las ventajas del sistema tenemos que: El sensor cumplió con los siguientes requisitos: bajo costo, gran capacidad de almacenamiento de datos (ya que las temperaturas recolectadas se almacenan en una estación de monitoreo / notebook) y la posibilidad de monitoreo remoto de los datos recolectados (utilizando un sistema de transmisión inalámbrica).

El sensor propuesto proporciona la transmisión inalámbrica de los datos recopilados, lo que permite el monitoreo remoto de los edificios.

Dado que las simulaciones computacionales demostraron la idoneidad del sensor propuesto, se implementó y probó utilizando un banco de pruebas, con el objetivo de validarlo.

También los autores: Morales Ricardo, Badesa Francisco, Garcia Nicolas, y Sabater José, publicaron un artículo en la revista IEEE Sensors en el año 2012 sobre: " *Distributed Smart Device for Monitoring, Control and Management of Electric Loads in Domotic Environments*", el principal uso de este dispositivo es

monitorear, controlar y administrar las cargas eléctricas para ahorrar energía y prevenir accidentes producidos por diferentes tipos de dispositivos (por ejemplo, hierro) utilizados en tareas domésticas.

Este dispositivo inteligente es para el monitoreo, control y gestión de cargas eléctricas. Las características principales son: (i) Compacidad del diseño que permite su instalación dentro de un socket Schuko; (ii) Comunicaciones a través de la línea eléctrica existente (sin cables nuevos); (iii) IC de medición de energía y control de relé de la carga (encendido / apagado). (Morales, Badesa, Garc, Perez-vidal, & Mar, 2012)

El dispositivo inteligente desarrollado se basa en un medidor de energía multifunción monofásico fabricado por Analog Devices (ADE7753) para medir el consumo de energía eléctrica y luego transmitirlo mediante una interfaz en serie. Para proporcionar información de medición actual a la ADE7753, se ha utilizado un transductor de corriente de circuito integrado SMD ultraplano basado en el principio de efecto Hall fabricado por Lem (FHS-40P / SP600). Además, cada dispositivo inteligente tiene un transceptor inteligente PL-3120 fabricado por LonWorks para ejecutar el programa del usuario, para comunicarse con el ADE7753 a través de la interfaz en serie y para transmitir Información a la unidad central a través de comunicación powerline. Los resultados experimentales muestran la Exactitud de las mediciones realizadas utilizando el dispositivo inteligente desarrollado.

La estructura del sistema propuesta ofrece la supervisión de la construcción / el hogar, el control y la gestión de las cargas eléctricas basadas en las comunicaciones a través de las líneas eléctricas existentes (no se necesitan cables nuevos). El sistema podría dividirse en los nodos inteligentes y la unidad central. El nodo inteligente podría monitorear los parámetros de corriente, voltaje y energía para comunicar el consumo en tiempo real de la carga eléctrica a la unidad central. La unidad central analizaría la información juntamente con las normas proporcionado por el usuario para realizar acciones como apagar la carga y / o enviar mensajes de información sobre la sobrecarga al usuario.

Para evaluar el rendimiento del prototipo electrónico, se construyó una configuración con diferentes cargas típicas para probar el sistema, el mismo se puede observar en la gráfica a continuación. Para controlar y monitorear este dispositivo inteligente, se usó una computadora central teniendo en cuenta que será reemplazada en un futuro próximo por una unidad de control central basada en un microcontrolador con un sistema de interfaz hombre-máquina (HMI) (Pantalla LCD gráfica con tecnología táctil). El programa de aplicación para probar las funcionalidades del dispositivo inteligente lee los siguientes datos: IRMS, VRMS y la energía activa, reactiva y aparente y el control del relé utilizado para encender / apagar la carga (Morales, Badesa, Garc, Perez-vidal, & Mar, 2012)

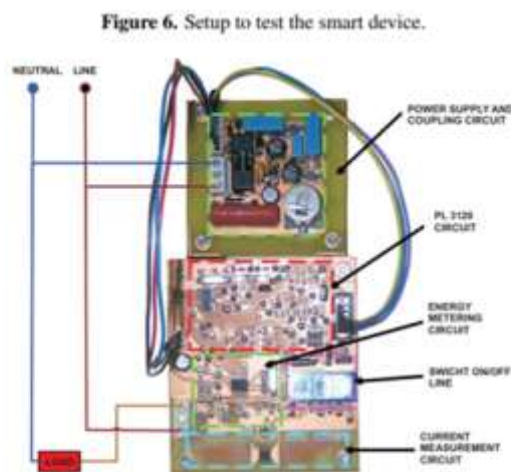


Table 1. Measurement of I_{RMS} .

Type of load	I_{RMS}	Register ADE7753	Measurement ADE7753	Real Value
No Load		0x000043	$510^{-4} A$	0 A
Load I		0x09697F	4.465 A	4.46–4.47 A
Load II		0x0AD18A	5.132 A	5.13–5.14 A
Load I and II		0x140F84	9.516 A	9.52–9.53 A

Figura 42. Prototipo.

Tomado de (Morales, Badesa, Garc, Perez-vidal, & Mar, 2012)

Los autores: Saccomanno Andrea, Luadati Armando, Beni Noemi, Buontempo Salvatore y Breglio Giovanni. Publicaron en la revista IEEE Sensors, en el año 2012 un artículo sobre: “Long-Term Temperature Monitoring in CMS Using Fiber

Optic Sensors". En este documento, se muestran los resultados del monitoreo de temperatura a largo plazo del experimento de solenoide de muón compacto (CMS) en el CERN (European Organization for Nuclear Research) que es el laboratorio más grande del mundo que estudia el HEP (High-Energy Physics). Las mediciones se llevaron a cabo mediante un sistema basado en sensores de fibra Bragg Grating (FBG) en multiplexación por división de longitud de onda (WDM). Debido a las duras condiciones de trabajo en el CMS, el sensor FBG representa el candidato ideal para realizar un sistema de detección confiable y preciso. Se introducen los principios de detección del sensor FBG y sus características de temperatura.

Se diseña e instala un sistema de monitoreo de temperatura basado en FBG para aplicaciones de física de alta energía. El sistema de detección se utilizó con éxito el año pasado para monitorear la temperatura del mamparo de CMS.

Los resultados reportados muestran una buena confiabilidad y una alta precisión del sistema de detección FBG durante la etapa de trabajo a largo plazo. (Saccomanno et al., 2012)

El experimento CMS tiene 21 m de largo, 15 m de ancho y 15 m de alto, y se sienta en una caverna.

Está dividido en secciones: el cuerpo principal (cañón) está compuesto por cinco discos, mientras que los extremos (tapas terminales) están compuestos por tres discos

El sistema está compuesto por 60 sensores FBG (Fiber Bragg grating) ensamblados en 2 matrices (30 + 30 FBG), se ha instalado con éxito para proporcionar un monitoreo de la temperatura en todas las áreas del experimento de CMS (compact muon solenoid).

CMS es un detector muy complejo y grande hecho de un solenoide magnético superconductor grande (que es capaz de producir un campo magnético hasta 4T) y varios subdetectores de partículas.

Hoy en día, toda el área de CMS está bajo monitoreo constante mediante el uso de termorresistencia (PT100), medidores de tensión, sensores de campo magnético de efecto Hall, etc. El alcance principal de estos es tener información acerca de las condiciones de trabajo de algunos subsistemas.

El monitoreo se volvió crucial para todos los equipos que dependen de la temperatura y / o tienen que trabajar bajo condiciones térmicas particulares. Obviamente, cada PT100 requiere que se conecten dos cables a un solo canal de un sistema de adquisición adecuado.

Esto significa que los problemas de cableado deben resolverse cuando el número de sensores aumenta como en el caso del experimento de CMS donde se utiliza la gran cantidad de sensores eléctricos.

En el último año, este grupo de investigación ha instalado y probado con éxito sensores de temperatura FBG en CMS. Esta primera instalación ha cubierto el monitoreo de temperatura de los dos lados BulkHead plus y side minus del experimento CMS.

El sistema de monitoreo diseñado consta de 20 sensores FBG empalmados en dos matrices y un sistema de interrogación para sensores de fibra óptica.

Las matrices de sensores FBG se construyeron sobre la base de una fibra óptica SMF-28 monomodo estándar.

Los sensores que se compraron a Welltech, se caracterizan por un rango de temperatura que va de -20 a 150 ° C, una resolución de 0.1 ° C y una precisión de 1 ° C. Los sensores están empaquetados con un material cerámico para mitigar la radiación.

Los problemas de dureza y su dimensión son $40 \times 10 \times 5$ mm. El grafico 29 muestra los sensores comerciales empaquetados utilizados en esta instalación.



Figura 43. Sensor Welltech FBG

Tomado de (Saccomanno et al., 2012)

Las uniones FBG-SMF28 se han realizado utilizando un empalmador de fusión que minimiza la pérdida de potencia inducida por las uniones mediante la implementación de una función de auto alineación de los núcleos de fibra.

Empalmamos 10 FBGs por fibra. La distancia entre cada sensor adyacente es de aproximadamente 2 m.

Las dos matrices se instalaron en el disco que separa la tapa del extremo del barril donde se ubican los sensores de píxeles, ya lo largo de la línea eléctrica.

Se eligió el espaciado de longitud de onda entre los sensores para garantizar la detección de picos correcta. En el gráfico 30, los sensores instalados en el lado BulkHead Z + y en la bandeja de cables se muestran. Los círculos rojos evidencian algunos de los sensores instalados.

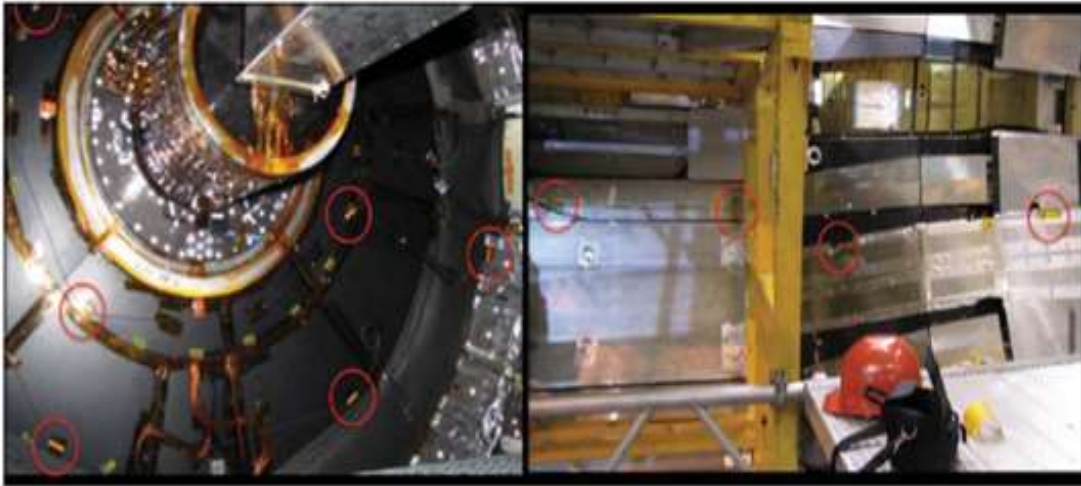


Figura 44. Ubicación de sensores instalados.

Tomado de (Saccomanno et al., 2012)

Las ventajas que posee este sistema es que fue probado durante un año y sigue funcionando de manera correcta, además se realizaron pruebas después de un año para ver el rendimiento del sistema.

3.3. Sistemas de medición

Los autores: Bonino Dario y De Russis Luigi, publicaron en el año 2014 en la revista *Energy and Buildings*, el artículo es sobre “*Design recommendations for smart energy monitoring: A case study in Italy*”, cuyo objetivo era abordar los problemas emergentes en el momento del diseño, con un conjunto de recomendaciones a seguir, para lograr una mayor eficacia de los procesos de gestión de la energía. Este artículo usa la metodología basada en sistemas de inteligencia energética. Se creó una encuesta Web para verificar el tipo de tecnologías, tipos de análisis y soluciones en Italia para los gerentes de energía. Además, en la encuesta se trató acerca de procesos de monitoreo adoptados actualmente, herramientas y tipos de análisis realizados actualmente. El caso de estudio tratado fue una encuesta Web para verificar el tipo de tecnologías, tipos de análisis y soluciones en Italia para los gerentes de energía utilizando el software Lime Survey.

La duración total de la encuesta fue de alrededor de 10 minutos y se adoptaron técnicas de seguimiento para maximizar la tasa de respuesta. De las 200 personas solo participaron 40 y llenaron correctamente 34. Se trabajó con personas de mediana edad entre 36-65 debido al compromiso que significa para el administrador de energía. La encuesta refleja que la electricidad necesita frecuencias de muestro más altas que el agua y el combustible, por lo que los costos de las cargas eléctricas varían a veces en un segundo.

La mayoría de los usuarios construyen su análisis sobre la base de tablas simples de datos de consumo, y solo en algunos casos se adoptan paneles de control o más interfaces interactivas, por ejemplo, al permitir el desglose de datos dinámicos como en los sistemas de inteligencia de negocios (BI) típicos. Las respuestas muestran una clara falta de análisis y detalles de datos personalizables y la mayoría de las actividades se limitan a la operación en datos agregados (no siempre personalizables).

Encuesta adicional de vanguardia sobre paneles de visualización de energía de acceso público, adoptados actualmente por institutos públicos y privados de todo el mundo. Sin embargo, debe investigarse más a fondo el grado en que dichas características están disminuyendo y las necesidades que deben ser atendidas por las interfaces de administración de energía a nivel mundial. (Bonino & Russis, 2015)

Se detectó que la electricidad se debe recolectar el al menos una habitación.

- a. el muestreo de datos, que incluye recomendaciones derivadas del análisis.
- b. manejo de datos, en donde se identifican indicadores clave de rendimiento, para manejar mejor los KPI.
- c. Las capas de presentación, la cual es la interfaz entre el usuario final y el sistema de información, identificando requisitos y necesidades, así como acceder a datos crudos.

Las principales ventajas son:

- Se cambia el comportamiento energético de los ocupantes a corto plazo.
- Los resultados de la encuesta pueden aprovecharse para comprender mejor las necesidades reales de los administradores de energía y pueden formalizarse como un conjunto de directrices para futuros sistemas de inteligencia energética.
- Brinda ventajas sobre dar solamente un sistema innovador de gestión de la energía, que es el sistema modular de Curry.

Ciertas desventajas son:

- La segunda encuesta mundial puede presentar sesgo.
- Falta de interfaces avanzadas para el análisis de datos de energía probablemente cruce las fronteras de las naciones y afecta el dominio de análisis de energía en todo el mundo.

Los autores: Shekara Soma, Reddy Sreenadh, Wang Lingfeng, Devabhaktuni. Publicaron en la revista Elsevier en el año 2011, un artículo sobre "*Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status*", cuyo objetivo era Explicar la importancia de los medidores inteligentes, sus ventajas y desventajas, así como los retos y el estado que se encuentra. Este artículo usa la metodología de emplear varios dispositivos de control, varios sensores para identificar parámetros y dispositivos para transferir los datos y las señales de comando, estudiando el caso de estudio donde se proporciona un sistema de medición inteligente para diferenciar con los sistemas tradicionales, en donde se tiene una arquitectura y un manejo de datos diferentes.

Para manejar una medición inteligente se debe tener una correcta comunicación para que los costos también se reduzcan en donde se un buen rango de transmisión, así como una mejor seguridad y calidad, con un ancho de banda, en estas comunicaciones se pueden aplicar el tipo: Bluetooth y Power Line Carrier (PLC), esta última que es una que se adapta tanto a la red, energía y a los medidores inteligentes. (Shekara, Reddy, Wang, & Devabhaktuni, 2011)

Al usar una red basada en un protocolo IP se vuelve una plataforma común para los diferentes dispositivos de comunicación, pero también se puede utilizar SIP, Peer to peer, Zigbee, GPRS, DNP3.

Las principales ventajas son:

- Mayor seguridad en la red.
- Mejores datos, así como una arquitectura más robusta.
- Se tiene identificados todos los elementos del sistema de medición inteligente.
- Un control eficiente de energía y monitoreo.
- Detecta componentes no deseados, para así rectificar de manera oportuna.
- Prueba el mantenimiento preventivo.

Ciertas desventajas son:

- El costo, por agregar dispositivos de modulación y de demodulación, memoria entre otros.
- Reemplazar los sistemas implementados para la medición dentro de las empresas puede ser complicado.
- Puede crear un riesgo para la privacidad, ya que contiene muchos datos sensibles.
- El mantenimiento que se debe realizar puede resultar tedioso.
- El ancho de banda que se utiliza puede generar mucho tráfico y limita mucho la cantidad de datos que se envían.

También los autores: Shoreh Maryam, Siano Pierluigi, Shafie-Khah Miadrez y Loia Vincenzo, publicaron en el año 2016 en la revista ELSEVIER un artículo sobre "*A survey of industrial applications of Demand Response*", cuyo objetivo era proporcionar una revisión exhaustiva de las aplicaciones de respuesta a la demanda en el sector industrial.

Este artículo utiliza la metodología de desplazar las horas de trabajo a horas en donde la carga es más barata, utilizando ya sea formas alternas de energía.

El caso de estudio tratado fue la respuesta a la demanda en sector residencial e industrial utilizando el software Automated DR. (Shoreh, Siano, Shafie-khah, Loia, & Catalão, 2016)

La respuesta a la demanda en varios países se ha visto como la solución en la actualidad para la carga eléctrica en industrias, dado que se busca ahorrar costos haciendo que la carga eléctrica sea más flexible, pero en ciertas industrias es complicado deslizar la carga eléctrica a otras horas, ya que los procesos necesitan a todas horas energía.

Existe dos tipos de respuesta a la demanda que son: la forma tradicional y la de servicios auxiliares, en donde la segunda es mucho más fácil de manejarla. Además, que las estrategias para realizar un control sobre ambas son diferentes.

Existen varios aspectos a tratar que se determinaron en la encuesta que son: Regulación, control de voltaje y frecuencia, etc.

Aunque la regulación es siempre el servicio auxiliar más costoso y, por lo tanto, el servicio más rentable si una carga proporciona este servicio, las cargas por lo general prefieren tener interrupciones menos frecuentes.

La restricción de tiempo de seguimiento continuo debe ser de 50%, en caso de no serlo se durante 90 días se requiere una autorización de la ISO.

El recurso debe seguir la restricción del tiempo mínimo de suministro continuo de energía.

Se requiere que los recursos participantes aumenten a su capacidad máxima en un tiempo mínimo específico (por ejemplo, 10 min

Las principales ventajas son:

- Revisión completa sobre la introducción de diferentes tipos de industrias de alto potencial para DR.
- Se ahorra costos energéticos en otros países.
- Se puede optar por usar otros tipos de energía en caso de que sea factible.
- La agregación de carga para el monitoreo es una buena solución para la medición y telemetría.
- Cargas controladas termostáticamente (TCL) ejemplo: refrigeradores y congeladores, sirven para usar el servicio de regulación, pero para ello se necesita una potencia mínima para poder reducir en la frecuencia.

Ciertas desventajas son:

- Inflexible horario en ciertas industrias de plantas no permite hacer la respuesta a la demanda.
- No se encuentra motivado actualmente el sector industrial en usar la respuesta a la demanda.
- En nuestro país no existe diferenciación de costos por usar la respuesta a la demanda.

También los autores: Sharmin Tanzania, Li Xinming, Ganev Veselin y Al-Hussein Mohamed, publicaron en el año 2014 en la revista ELSEVIER un artículo sobre *“Monitoring building energy consumption, thermal performance, and indoor air quality in a cold climate region”* cuyo objetivo de este proyecto fue el de proporcionar información relevante sobre el manejo efectivo de sistemas de construcción en regiones de clima frío. Se espera que una comprensión más avanzada de los datos registrados produzca cambios en las operaciones de construcción mediante el uso de controles inteligentes que se ajustan automáticamente a los requisitos ambientales.

Para poder realizar este proyecto se utilizó los siguientes materiales: Para el uso de energía eléctrica, se utilizan medidores de potencia Brultech ECM-1240. (Cada apartamento recibe energía de dos fases (fases A y B). Por lo tanto, se

instalan dos medidores de potencia, uno para cada fase, que registran la energía total para cada carga).

Un medidor de calefacción Kamstrup MULTICAL 601 se usa para monitorear la energía del sistema de calefacción de agua de calefacción.

También se usan tres sensores para este propósito: un medidor de flujo y dos sondas de temperatura (para temperatura de suministro, T_s y temperatura de retorno, T_r). Para monitorear el consumo de agua en el hogar, se utilizan los medidores de agua Minomess 130. Se utilizan dos sensores de flujo de calor (placa de flujo de calor de suelo HFT3) para monitorear el rendimiento térmico de la envolvente del edificio.

El sensor utilizado para la medición de IAQ es el dispositivo de monitoreo de aire del punto IAQ fabricado por Honeywell Analytics. Se puede ver la ubicación de cada sensor en la siguiente gráfica

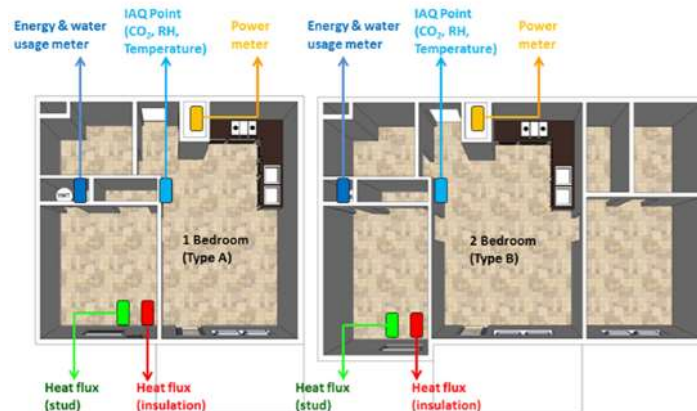


Fig. 3. Location of sensors in case-study units.

Figura 45. Ubicación de los sensores en el caso de estudio. Tomado de (Sharmin, Gül, Li, Ganev, & Nikolaidis, 2014)

El sensor IAQ usa el protocolo LonTalk para comunicarse con un servidor iLONsmart, que también está conectado a la computadora de una sola placa donde los datos se cifran y se transmiten a un servidor de base de datos a través de una conexión segura a través de Internet.

Los sensores de flujo de calor están conectados al registrador de datos CR1000 (Campbell Scientific, Inc.) a través de un multiplexor de estado sólido (Campbell Scientific, Inc.), lo que hace posible conectar los 24 sensores de flujo de calor a un solo registrador de datos.

El registrador de datos convierte la señal analógica de los sensores de flujo de calor en valores digitales y envía estos valores al SBC a través de una interfaz Ethernet (Sharmin, Gül, Li, Ganev, & Nikolaidis, 2014)

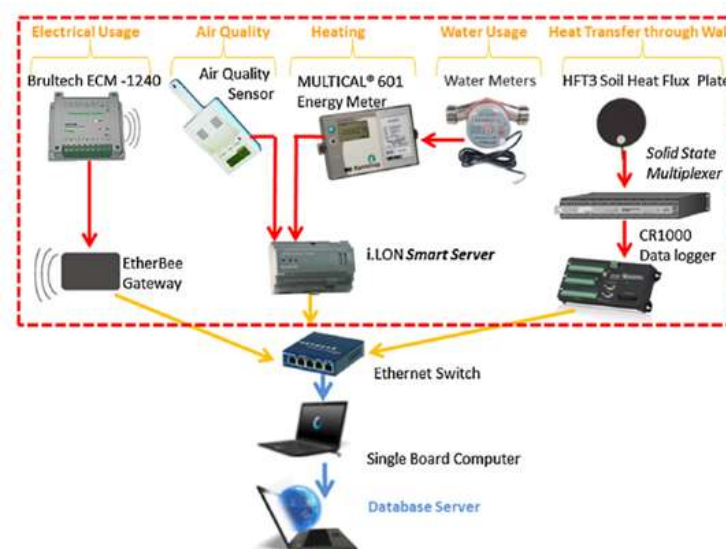


Fig. 4. System architecture for data collection.

Figura 46. Sistema de recolección de datos.

Tomado de (Sharmin, Gül, Li, Ganev, & Nikolaidis, 2014)

Una de las desventajas de este estudio es que busca lograr una mejor comprensión de los patrones de uso de energía para el edificio de estudio de caso y los resultados únicamente son una base para establecer soluciones automatizadas mas no se propone una solución para cada problema. Una de las ventajas de este caso de estudio es que el sistema de monitoreo implementado se puede usar para aumentar el rendimiento energético y la comodidad de los ocupantes al tiempo que reduce el consumo de energía y agua.

Otro trabajo relevante es el de los autores: Burgas Llorenc, Melendez Joaquim, Massana Joaquim y Pous Carles. Los cuales publicaron en el año 2015 en la

revista ELSEVIER un artículo sobre “*Multivariate statistical monitoring of buildings. Case study: Energy monitoring of a social housing building*” El propósito que tenía este caso de estudio el de proponer una metodología general para construir automáticamente modelos de energía impulsados por datos capaces de explotar la información contenida en los registros de datos que se recopilan con respecto a un edificio (o vecindario) durante las condiciones operativas normales, y explotarlos como parte de las tareas de monitoreo para evaluar los cambios en el comportamiento del consumo de energía. El trabajo apunta a extender la metodología no solo a los edificios, sino también a las comunidades (edificios residenciales, edificios sociales y vecindarios, por ejemplo) mediante la recopilación de información sobre posibles relaciones en las variables que se monitorean.

Utilizaron una metodología para el monitoreo de la construcción de energía basada en el análisis de componentes principales (PCA). El modelo de datos consiste en una matriz 3D, para representar información de múltiples entidades que se monitorean con un conjunto común de variables, más un par de matrices 2D para incluir, por un lado, sensores adicionales que afectan a la infraestructura general y, por el contrario, Por otro lado, atributos particulares para caracterizar cada entidad.

Para este caso de estudio se proponen dos estrategias de despliegue (basadas en el tiempo y en la entidad) que ofrecen vistas complementarias del edificio o de la comunidad en cuestión. El primer despliegue en el tiempo, apto para detectar cambios de comportamiento a lo largo del tiempo, mientras que el despliegue a nivel de la entidad permite la identificación de entidades, por ejemplo, Viviendas en un edificio, que se comportan de manera sustancialmente diferente a las demás durante un período de tiempo.

El edificio de viviendas sociales utilizado para la prueba se encuentra en el centro de Barcelona (Cataluña). Cuenta con un sistema centralizado de producción de agua caliente para 96 viviendas (1 o 2 ocupantes cada una), un aparcamiento y zonas comunes. Se están monitoreando tres variables para cada vivienda

(energía de calefacción (kWh), volumen de agua caliente (l) y energía de agua caliente (kWh)). Los datos diarios recopilados entre 2012 y 2014 (marzo) se han puesto a disposición para el estudio. Esta estrategia permite la identificación de la variable (o conjunto de ellas) responsable de la situación fuera de control simplemente analizando aquellos con contribuciones más grandes. Se han propuesto dos estrategias de despliegue (en el tiempo y en la entidad) para convertir este modelo de datos en una matriz 2D, lo que lo hace adecuado para PCA. El despliegue temporal, de hecho, corresponde a un método de monitoreo de PCA clásico y permite capturar relaciones entre variables inter e intra-entidad. (Melendez, Colomer, Massana, & Pous, 2015)

Por lo tanto, los nuevos datos que se recolectan continuamente de los sensores se monitorean juntos, simplemente proyectándolos en el modelo de referencia y calculando los índices de SPE y T2 asociados, lo que permite al usuario aislar las fallas en los sensores o detectar patrones de consumo de vivienda inusuales (fugas, anormales, ocupación, etc.) entre otras irregularidades. Este enfoque le permite al usuario capturar correlaciones, no solo entre las variables en una entidad, sino también entre las variables a lo largo del tiempo durante el período de observación. Esto es particularmente útil en términos de identificar viviendas que se comportan de manera significativamente diferente de otras durante el período de observación (total o parcial), por ejemplo. Aquellos más expuestos a condiciones climáticas adversas. Este es un método simple que se puede usar para desagregar estos índices en la magnitud correspondiente de las variables originales (sensores). Esta estrategia permite la identificación de la variable (o conjunto de ellas) responsable de la situación fuera de control simplemente analizando aquellos con contribuciones más grandes.

Los autores: Koutitas George y Tassiulas Leandros, publicaron en marzo del 2016 en la revista IEEE SENSORS un artículo sobre "*Low Cost Disaggregation of Smart Meter Sensor Data*", el cual usa como metodología la desagregación de carga, la cual es una metodología para reconocer firmas de señales de dispositivos individuales a partir de lecturas de circuitos agregados.

Este documento propone un nuevo algoritmo de desagregación de carga, basado en un monitoreo de dispositivos no intrusivo que proporciona resultados precisos sin la necesidad del componente de potencia reactiva. La técnica propuesta requiere el número mínimo posible de medidores de sensores dentro del hardware del medidor inteligente y reduce el tráfico de datos de la red de infraestructura de medición avanzada, ya que procesa los únicos datos de medidores inteligentes de baja frecuencia del componente de potencia activa de una unidad residencial.

Proponen un proceso de tres etapas para el análisis del uso de energía, basado en la extracción de impulsos, agrupación y clasificación de impulsos y asociación de impulsos a dispositivos. Los datos del medidor inteligente se descomponen en un conjunto discreto de pulsos, y cada pulso está asociado con el funcionamiento de los aparatos.

El resultado del algoritmo es una asociación de impulso a dispositivo que crea un mapa de desagregación de carga diaria para la unidad residencial. (Koutitas & Tassiulas, 2016)

El documento presentó un nuevo algoritmo de desagregación de carga que descompone las lecturas de potencia del medidor inteligente en un conjunto de pulsos discretos. Los pulsos se asocian a un dispositivo registrado de acuerdo con el procedimiento de máxima verosimilitud.

El algoritmo propuesto también considera características importantes de las firmas de los aparatos, los parámetros ambientales externos y el comportamiento humano. Estos factores se introducen en un espacio tridimensional para la toma de decisiones. Se observó una precisión de más del 85%.

La solución propuesta es rentable ya que no requiere lecturas de potencia reactiva a nivel de medidor inteligente y se basa en tasas de muestreo de baja frecuencia. Estos son factores importantes para la implementación real de servicios de energía de redes inteligentes en los modelos de negocios modernos.

Los autores: Alcalá José, Ureña Jesús, Hernández Álvaro y Gualda David. Publicaron un artículo en la revista IEEE SENSORS en el año 2017 sobre "*Sustainable Homecare Monitoring System by Sensing Electricity Data*", cuyo objetivo es el de mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad en los sistemas de salud. El objetivo es abrir nuevas formas de controlar a los adultos mayores mediante el uso de técnicas NILM (Non-Intrusive Load Monitoring), de modo que se pueda utilizar lo mejor de ambos mundos para lograr implementaciones masivas y proporcionar valores técnicos y sociales.

Este trabajo presenta nuevas soluciones para controlar a los adultos mayores utilizando un solo sensor: el medidor inteligente u otro dispositivo similar. Esto permite un nuevo nivel de escalabilidad y no intrusión. Del mismo modo, se ha diseñado un algoritmo de monitoreo de carga no intrusivo para inferir el uso del patrón de los aparatos usados diariamente del consumo total de energía. (Alcalá et al., 2017)

Estos patrones de uso se han modelado utilizando modelos de mezcla gaussianos y la teoría de Dempster-Shafer para crear un sistema de monitoreo de actividad que dispara alarmas, siempre que el sujeto se haya desviado de su rutina normal.

Los patrones de uso del dispositivo se extraen utilizando NILM y se aprenden de un período de seis meses. Luego, se obtiene una puntuación diaria de "normalidad" utilizando dos métodos diferentes, según los patrones de uso. Si el sujeto mantiene su rutina normal, el puntaje es alto; de lo contrario, si se desvía de su comportamiento normal, la puntuación disminuye.

Se utiliza un umbral para activar alarmas cuando la desviación es significativa. De esta manera, las principales aportaciones de este trabajo son:

- Se ha realizado una encuesta nueva y revisada en NILM y sistemas de monitoreo de atención domiciliaria desde el punto de vista de vincular ambos mundos para aplicar NILM a los sistemas de atención domiciliaria.

- Un nuevo método NILM basado en eventos para el rendimiento y la escalabilidad del monitoreo de alta actividad.
- Dos nuevos métodos de monitoreo de actividad no intrusiva para ancianos en el hogar basados en NILM.

Una de las ventajas de este es que, dado que no se requiere la instalación de una red de sensores, es completamente no intrusivo y permite implementaciones masivas. Por lo tanto, se convierte en un enfoque muy adecuado para la comunidad cada vez más grande y creciente de ancianos que viven solos. (Alcalá et al., 2017)

Estos modelos generales (PQD Y PCA) mejoran la escalabilidad, ya que se puede llevar a cabo un proceso de capacitación fuera de línea para todos los hogares.

Los autores: Jose Pedro Amaro, Rui Cortesão, Jorge Landeck, and Fernando J. T. E. Ferreira. De la revista IEEE Transactions publicaron en el 2015 un artículo sobre "*Harvested Power Wireless Sensor Network Solution for Disaggregated Current Estimation in Large Buildings*" en donde se presenta una solución para monitorear el consumo desagregado, basado en una fuente de energía sin contacto para los nodos Zigbee utilizando un transformador de corriente de bobina toroidal de núcleo dividido (SCCT: split-core toroidal coil current transformer). El dispositivo propuesto es capaz de alimentar un nodo inalámbrico sin batería estimando también la corriente consumida por la carga eléctrica con un solo SCCT. El SCCT se aplica con éxito para alimentar un dispositivo inalámbrico sin batería que ejecuta una pila de software de comunicación compleja. El sistema propuesto se describe a través de la simulación, así como los resultados experimentales.

Alimentar un nodo WSN directamente desde la SCCT no es una solución factible. Por lo tanto, se construye un circuito de conversión. (Amaro, Cortesão, Landeck, Ferreira, & Member, 2015)

El circuito de conversión de AC/DC implementado. El sistema propuesto utiliza LTC3108 como un administrador de carga de arranque para los capacitores de almacenamiento de energía del dispositivo. La energía así almacenada se utiliza posteriormente para alimentar un módulo de radiofrecuencia (RF) así como un administrador de dispositivos de baja potencia. La Fig. 44 muestra la arquitectura del sistema propuesta. El módulo RF se implementa con un dispositivo Zigbee CC2530, mientras que el administrador de energía del sistema utiliza un microcontrolador MSP430FR5739, ambos de Texas Instruments. El sistema propuesto es un dispositivo de monitoreo autoalimentado que se puede usar para estimar los valores actuales promedio de rms de las instalaciones de cables de alimentación de red. Es capaz de estimar el consumo de corriente de carga mientras se alimenta a través de una única fuente de energía electromagnética sin contacto utilizando solo un SCCT. El dispositivo actúa como un nodo de red inalámbrica que envía las mediciones recopiladas a través de la red.

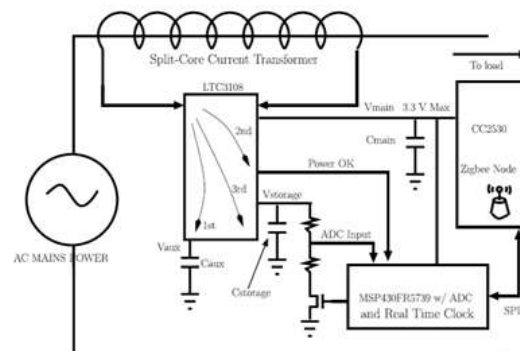


Figura 47. Sistema por implementar.

Tomado de (Amaro, Cortesão, Landeck, Ferreira, & Member, 2015)

El funcionamiento del sistema se puede describir en tres fases distintas: carga, medición y transferencia de energía para la comunicación.

Solución implementada:

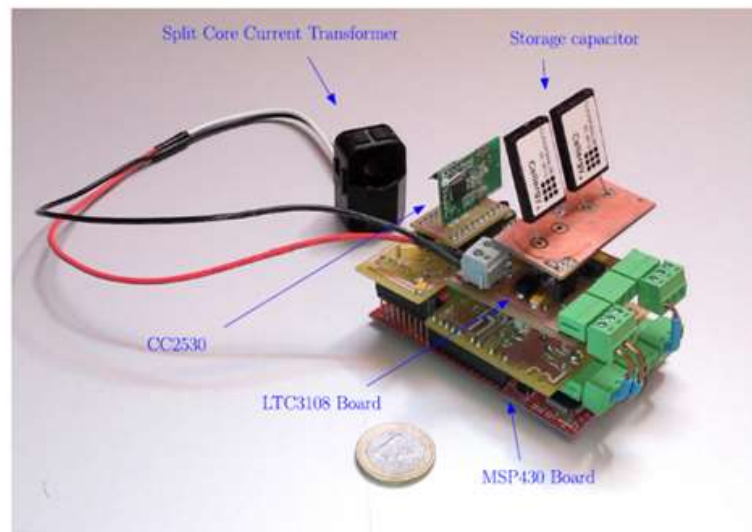


Figura 48. Diseño sistema implementado.

Tomado de (Amaro, Cortesão, Landeck, Ferreira, & Member, 2015)

En este documento, se ha presentado un sistema que puede estimar el consumo de corriente desglosado.

Se ha utilizado un solo SCCT para alimentar un nodo WSN, que estima al mismo tiempo la corriente de red que fluye a través de una línea eléctrica. La energía recolectada se almacena y se acumula de manera que se alimenta un dispositivo de mili vatios, lo que permite la operación de los nodos WSN.

La solución propuesta es capaz de mantener una comunicación de nodo WSN utilizando un protocolo de comunicación complejo que se ejecuta en energía recolectada.

En este documento, se presenta un dispositivo de estimación de corriente alimentado por una fuente electromagnética sin contacto. Un solo dispositivo de transformador de corriente de bobina toroidal de núcleo dividido (SCCT) extrae la energía de los cables de alimentación de carga para alimentar un nodo WSN. Se ha configurado una pila de protocolos de comunicación IEEE 802.15.4 / ZigBee para que uno de estos dispositivos funcione sin baterías.

Ventajas:

- Es económico.

Limitación:

- Fue probado en un ambiente de pruebas y está listo para el mercado, pero no ha sido probado ni implementado en ambientes reales. Se muestra a continuación, el ambiente de prueba.

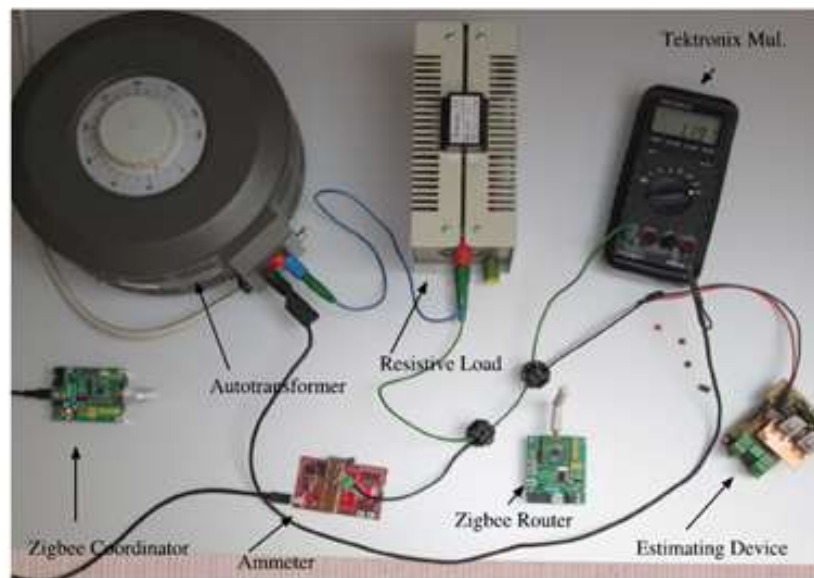


Figura 49. Ambiente de pruebas.

Tomado de (Amaro, Cortesão, Landeck, Ferreira, & Member, 2015)

Los autores: Eduardo Viciano, Alfredo Alcayde, Francisco G. Montoya, Raul Baños, Francisco M. Arrabal-Campos and Francisco Manzano-Agugliaro, publicaron en la revista IEEE SENSORS en el año 2019 un artículo sobre: “An Open Hardware Design for Internet of Things Power Quality and Energy Saving Solutions” El artículo habla sobre openZmeter (oZm) se presenta como un dispositivo de hardware avanzado y de código abierto para la medición de alta precisión de la energía y la calidad de la energía en sistemas de energía de bajo voltaje. Se diseña y desarrolla una etapa analógica de extremo delantero (AFE)

para la adquisición, el acondicionamiento y el procesamiento de señales de potencia. Este AFE se puede apilar en las placas ARM integradas de cuatro núcleos disponibles. El hardware propuesto es capaz de adaptar señales de voltaje de hasta 800 V AC/DC y corrientes de hasta miles de amperios utilizando diferentes sondas.

El dispositivo oZm se describe como un sistema de código abierto totalmente autónomo para el cómputo y visualización de eventos PQ y energía consumida / generada, junto con todos los detalles de la implementación de su hardware. También tiene la capacidad de enviar datos a los sistemas centrales de administración de la nube. Dado el pequeño tamaño del diseño del hardware y teniendo en cuenta que permite mediciones en un amplio rango de condiciones de operación, oZm se puede usar tanto como medición a granel o como dispositivo de medición para dispositivos individuales. El diseño se lanza como hardware abierto y, por lo tanto, se presenta a la comunidad como una herramienta poderosa para el uso general. (Viciano et al., 2019)

El objetivo del artículo es el de presentar un dispositivo de hardware de código abierto profesional de bajo costo para la calidad de la energía y la medición y el conteo para la Internet de las cosas.

El principal aporte de esta investigación es la descripción del hardware oZm, un analizador de red multipropósito de bajo costo, de código abierto, basado en Internet, y medidor inteligente que ha sido diseñado, fabricado e implementado para la medición de la calidad de la energía y la medición de energía en instalaciones eléctricas.

El diseño avanzado de oZm garantiza mediciones confiables y precisas de consumo de energía y calidad de la energía en un amplio rango de condiciones de operación en un solo dispositivo práctico.

Cualquiera puede utilizarlo para analizar y visualizar las mediciones de consumo de energía y los eventos de calidad de la energía que cumplen con las normas internacionales, como IEC 61000-4-30 y EN-50160. Debido a su pequeño

tamaño y la gran variedad de sondas de corriente, se puede instalar fácilmente en cualquier instalación eléctrica, es decir, se puede usar como medición a granel o como medición para unidades individuales o aparatos.

El sistema propuesto se puede utilizar para estudios de redes inteligentes y para el desarrollo de técnicas avanzadas, como el monitoreo de carga no intrusivo y el aprendizaje automático aplicado a la calidad de la energía.

Además, el dispositivo es muy fácil de instalar y utilizar por personal no especializado. Aunque no se implementaron todas las definiciones de las normas internacionales IEC 61000-4-30 y EN-50160, oZm es un proyecto en constante evolución respaldado por la comunidad.

El oZm se instaló y probó en algunos laboratorios de la Universidad de Almería (UAL) y, además, en algunas casas para uso doméstico.

Los datos adquiridos se registraron y almacenaron en el oZm, al que se puede acceder mediante la red del campus en cualquier momento. (Viciano et al., 2019)

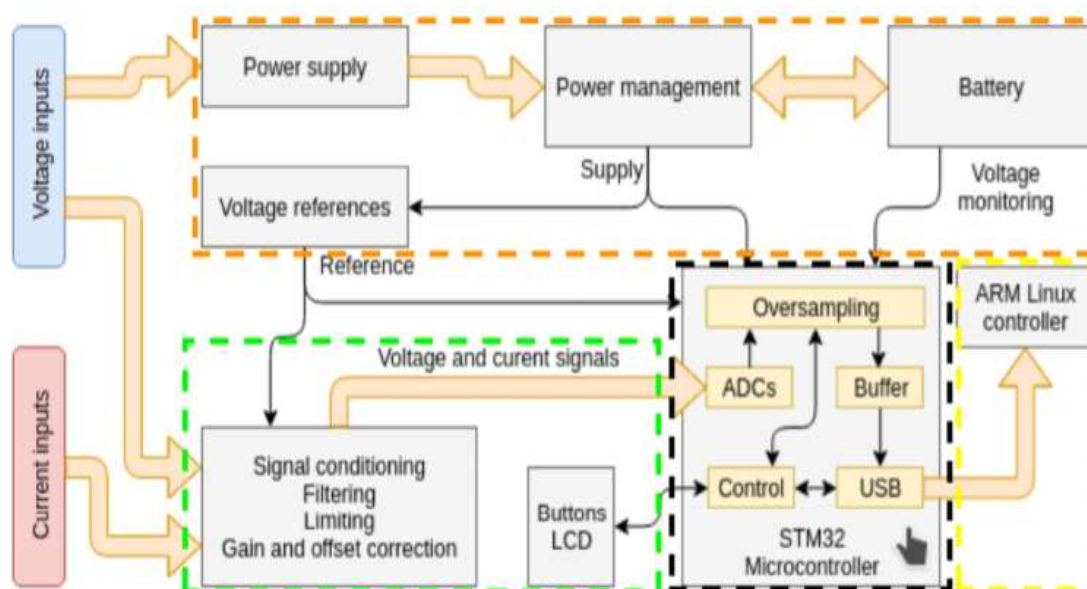


Figura 50. Diagrama del hardware.

Tomado de (Viciano et al., 2019)

Ventajas:

- Es un hardware abierto monofásico de bajo costo, con capacidades bidireccionales avanzadas aplicadas al monitoreo de características eléctricas y la recopilación de datos basada en la nube.
- Fue instalado y probado con éxito.

Limitaciones:

- No se implementaron todas las definiciones de las normas internacionales IEC 61000-4-30 y EN-50160.

3.4. Síntesis de ventajas y limitaciones de los circuitos

Tabla 7.

Comparación entre artículos más relevantes.

TEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Performance Analysis of wM-Bus Networks for Smart Metering	<ul style="list-style-type: none"> • La potencia de transmisión regulable. • Garantizar tasas de error de transmisión bajas. • Ahorro de capacidad de la batería, dado el consumo por RF más bajo por su corto alcance. • No está el modo de recepción en forma pasiva solo transmite. • Rangos de transmisión por debajo de los GHz con un largo alcance. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los dispositivos que se van a conectar al internet ocupan batería. • Las antenas deben estar dentro del rango de cobertura de al menos 1 puerta de enlace. • Depende mucho de las condiciones meteorológicas. • Los edificios y construcción influyen mucho en la transmisión.
An IoT-Based Solution for	<ul style="list-style-type: none"> • Versatilidad • Escalabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Aun se debe cambiar el

Monitoring a Fleet of Educational Buildings Focusing on Energy Efficiency	<ul style="list-style-type: none"> • Soluciones basadas en la nube. • El sistema da muchas APIs. • Se reduce el consumo de energía. • Se puede adaptar el sistema propuesto a la necesidad prevista. • Procesa 500 mediciones por segundo. 	<p>comportamiento de las personas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poca capacidad del sistema para aplicaciones construidas alrededor. • Solo trabaja para consumo de energía y no para ambiente.
Multiparametric Monitoring in Equatorian Tomato Greenhouses (II): Energy Consumption Dynamics	<ul style="list-style-type: none"> • WSN es menos costoso que las tecnologías Wireless más antiguas. • Facilidad de instalación. • Conectividad 	<ul style="list-style-type: none"> • Duración corta de la batería del WSN. • Se adquiere datos redundantes. • Ciclo de trabajo bajo. • Mucho consumo de energía en los nodos. • Baterías pequeñas limitan comunicaciones de larga distancia por falta de potencia.
A Lightweight Authenticated Communication Scheme for Smart Grid	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenamiento y comunicación más baratos. • Confidencialidad. • Autenticación en tiempo real. • Respuesta a ataques con resistencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe contar con una infraestructura de Core, acceso y agregación. • Los medidores inteligentes tienen poco espacio, por lo que no se deben asignar mucho espacio a las APIs.
Real-Time Indoor Carbon Dioxide Monitoring Through	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema coexiste con una interferencia mínima con otros sistemas en el área de monitoreo. Un prototipo está diseñado para mostrar la transmisión de datos mejorada en tiempo real. 	<ul style="list-style-type: none"> • En la actualidad ya existen demasiados sistemas que monitorean el Co2.

Cognitive Wireless Sensor Networks	<ul style="list-style-type: none"> • WSNs (Wireless Sensor Networks) consisten en escalas en pulgadas y nodos de bajo costo que pueden integrar la detección, el procesamiento de datos, la formación de paquetes y la transmisión inalámbrica. Por lo tanto, el potencial de una WSN fácil de implementar y económica, que consta de decenas a miles de estos nodos, ha atraído una gran atención. Además, un sistema de monitoreo IAQ (Indoor air Quality) eficiente debería integrar principios ad hoc. Las unidades de monitoreo deben poder operar sin supervisión y pueden unirse o salir de la red según las necesidades de la aplicación. 	
Energy Efficient Environment Monitoring System Based on the IEEE 802.15.4 Standard for Low Cost Requirements	<ul style="list-style-type: none"> • La comunicación Zigbee se está utilizando para el desarrollo del sistema WEM porque Zigbee es una tecnología de comunicación de autoconfiguración, larga duración de la batería, bajo costo y alta confiabilidad. • Funcionan correctamente los estándares IEEE802.15.4, IEEE1451.2 e IEEE1451.1. • No requiere una fuente de alimentación externa, ya que utiliza la alimentación de la ranura para PC o computadora portátil USB disponible. • Esta tecnología atraviesa mejor las paredes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Solo puede trabajar 50 horas. • Es necesaria la recalibración.
An on-line approach for energy efficiency monitoring of machine tools	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizaron muchos experimentos con el fin de verificar la efectividad del proyecto, aunque se da un ejemplo de aplicación del sistema OEEM en un torno CNC, se puede extender fácilmente a otros tipos de máquinas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es el requisito de un experimento de corte para la identificación de la función de pérdida de carga adicional, que necesita

	<ul style="list-style-type: none"> • Se reducen costos al solo usar un sensor de potencia EDA9033A que cuesta solo 55 dólares estadounidenses, que es muy bajo en comparación con el alto costo de un dinamómetro. • Mejora del consumo energético mediante la programación de tareas. Si se dispone de muchas máquinas con diferentes potencias de tara para una tarea, el consumo de energía se puede optimizar por tarea programada • Reducción de RFO y periodos de inactividad. El consumo de energía se puede reducir acortando el tiempo de no mecanizado 	<p>parámetros de corte bien diseñados y amplios materiales.</p>
<p>Development of a Surface Temperature Sensor to Enhance Energy Efficiency Actions in Buildings</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor cumplió con los siguientes requisitos: bajo costo, gran capacidad de almacenamiento de datos (ya que las temperaturas recolectadas se almacenan en una estación de monitoreo / notebook) y la posibilidad de monitoreo remoto de los datos recolectados (utilizando un sistema de transmisión inalámbrica). • El sensor propuesto proporciona la transmisión inalámbrica de los datos recopilados, lo que permite el monitoreo remoto de los edificios. Dado que las simulaciones computacionales demostraron la idoneidad del sensor propuesto, se implementó y probó utilizando un banco de pruebas, con el objetivo de validarlo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fue probado únicamente en un banco de pruebas mas no en un ambiente real.
<p>Long-Term Temperature Monitoring in CMS Using Fiber Optic Sensors</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema de detección se utilizó con éxito el año pasado para monitorear la temperatura del mamparo de CMS • Los resultados reportados muestran una buena confiabilidad y una alta precisión 	

	del sistema de detección FBG durante la etapa de trabajo a largo plazo.	
Design recommendations for smart energy monitoring: A case study in Italy	<ul style="list-style-type: none"> • Se cambia el comportamiento energético de los ocupantes a corto plazo. • Los resultados de la encuesta pueden aprovecharse para comprender mejor las necesidades reales de los administradores de energía y pueden formalizarse como un conjunto de directrices para futuros sistemas de inteligencia energética. • Brinda ventajas sobre dar solamente un sistema innovador de gestión de la energía, que es el sistema modular de Curry 	<ul style="list-style-type: none"> • La segunda encuesta mundial puede presentar sesgo. • Falta de interfaces avanzadas para el análisis de datos de energía probablemente cruce las fronteras de las naciones y afecta el dominio de análisis de energía en todo el mundo.
Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor seguridad en la red. • Mejores datos, así como una arquitectura más robusta. • Se tiene identificados todos los elementos del sistema de medición inteligente. • Un control eficiente de energía y monitoreo. • Detecta componentes no deseados, para así rectificar de manera oportuna. Pruebe el mantenimiento preventivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • El costo, por agregar dispositivos de modulación y de demodulación, memoria entre otros. • Reemplazar los sistemas implementados para la medición dentro de las empresas puede ser complicado. • Puede crear un riesgo para la privacidad, ya que contiene muchos datos sensibles. • El mantenimiento que se debe realizar puede resultar tedioso.

		<ul style="list-style-type: none"> • El ancho de banda que se utiliza puede generar mucho tráfico y limita mucho la cantidad de datos que se envían.
<p>A survey of industrial applications of Demand Response</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión completa sobre la introducción de diferentes tipos de industrias de alto potencial para DR. • Se ahorra costos energéticos en otros países. • Se puede optar por usar otros tipos de energía en caso de que sea factible. • La agregación de carga para el monitoreo es una buena solución para la medición y telemetría. • Cargas controladas termostáticamente (TCL) ejemplo: refrigeradores y congeladores, sirven para usar el servicio de regulación, pero para ello se necesita una potencia mínima para poder reducir en la frecuencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inflexible horario en ciertas industrias de plantas no permite hacer la respuesta a la demanda. • No se encuentra motivado actualmente el sector industrial en usar la respuesta a la demanda. • En nuestro país no existe diferenciación de costos por usar la respuesta a la demanda.
<p>Monitoring building energy consumption, thermal performance, and indoor air quality in a cold climate region</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema de monitoreo implementado se puede usar para aumentar el rendimiento energético y la comodidad de los ocupantes al tiempo que reduce el consumo de energía y agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Busca lograr una mejor comprensión de los patrones de uso de energía para el edificio de estudio de caso y los resultados únicamente son una base para establecer soluciones automatizadas mas no se propone una solución para cada problema.

<p>Low Cost Disaggregation of Smart Meter Sensor Data</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El algoritmo propuesto también considera características importantes de las firmas de los aparatos, los parámetros ambientales externos y el comportamiento humano • La solución propuesta es rentable ya que no requiere lecturas de potencia reactiva a nivel de medidor inteligente y se basa en tasas de muestreo de baja frecuencia. 	
<p>Sustainable Homecare Monitoring System by Sensing Electricity Data</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dado que no se requiere la instalación de una red de sensores, es completamente no intrusivo y permite implementaciones masivas. Por lo tanto, se convierte en un enfoque muy adecuado para la comunidad cada vez más grande y creciente de ancianos que viven solos. • Estos modelos generales (PQD Y PCA) mejoran la escalabilidad, ya que se puede llevar a cabo un proceso de capacitación fuera de línea para todos los hogares. 	
<p>Harvested Power Wireless Sensor Network Solution for Disaggregated Current Estimation in Large Buildings</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es económico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fue probado en un ambiente de pruebas y está listo para el mercado, pero no ha sido probado ni implementado en ambientes reales. Se muestra a continuación, el ambiente de prueba.
<p>An Open Hardware Design for Internet of Things Power Quality and</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es un hardware abierto monofásico de bajo costo, con capacidades bidireccionales avanzadas aplicadas al monitoreo de características eléctricas y la recopilación de datos basada en la nube. • Fue instalado y probado con éxito. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se implementaron todas las definiciones de las normas internacionales

Energy Saving Solutions		IEC 61000-4-30 y EN-50160.
-------------------------	--	----------------------------

4. DESARROLLO Y DISEÑO

4.1. Granja de Nono

4.1.1. Descripción del caso de estudio: Granja de Nono

A partir del análisis realizado, vamos a analizar las características del caso de estudio para poder diseñar un nuevo sistema de monitoreo, que en este caso se realizará en la Granja de la UDLA ubicada en la parroquia de Nono, a 22 kilómetros del Distrito Metropolitano de Quito, con temperatura variante entre los 14 y los 16 °C, situada encima de los 2800 metros sobre el nivel del mar. (UDLA, 2017)

Cuenta con 44,6 hectáreas en las cuales se encargan de la producción agropecuaria, la transformación de cierto tipo de productos, practicas, investigación y proyectos.

Esta granja está a disposición de los estudiantes de la Universidad de las Américas, en donde se puede participar en tesis, proyectos académicos o de vinculación con la comunidad.

Dentro de la parroquia, la agricultura y la ganadería son no solo las principales actividades económicas si no también son las producciones más importantes dentro de la parroquia. Debido a que en esta parroquia existe una vegetación selvática y además montañosa, se pueden tener productos variados, de flora y fauna.

En la actualidad dentro de la granja existe un invernadero el cual es de 6000 metros cuadrados, que está ocupado en un 98%, y además una extensión de siembras que oscila entre diez mil y doce mil metros cuadrados. Aparte de esto, en la granja se realizan otro tipo de actividades, las cuales se van a detallar a continuación:

- Producción Pecuaria de especies menores

Esta área es con el fin de conocer técnicas de manejo, genética, nutrición, reproducción y bienestar animal, las cuales se darán a conocer mediante la: gallicultura, cotonicultura, cuyicultura y apicultura.

- Manejo de ganado Porcino, Ovino y Bovino

Esta área es con el fin de conocer los sistemas de producción, nutrición, fisiología animal y zootecnia del ganado.

- Producción agrícola y postcosecha

Esta área se encarga de la preparación para la producción de frutas y hortalizas, tomando en cuenta la calidad, manipulación, y almacenamiento del producto.

- Procesamiento de alimentos

Esta área es para conocer los métodos de procesamiento de los alimentos, con el fin de mejorar la calidad del producto y a su vez aumentar la producción y reducir desperdicios. Algunos de los alimentos que se procesan en la granja son los: productos lácteos y derivados de las frutas y hortalizas.

- Otras áreas

- “Zona de establo y ordeño.”
- “Estación meteorológica.”
- “Invernaderos.”
- “Área de procesamiento de lácteos.”
- “Área de compost, lombricultura y vivero.”
- “Planta de tratamiento de agua.”

Parte de los planes a futuro de la granja es que sus productos sean 100% orgánicos, y ya están en proceso de limpiar el suelo con el fin de que los productos sean con un mayor valor agregado. (UDLA, 2018)

Otro de los planes a futuro de la granja es el de instalar una planta para el procesamiento de lácteos. En el gráfico 51 se puede apreciar la distribución de la Granja 1:

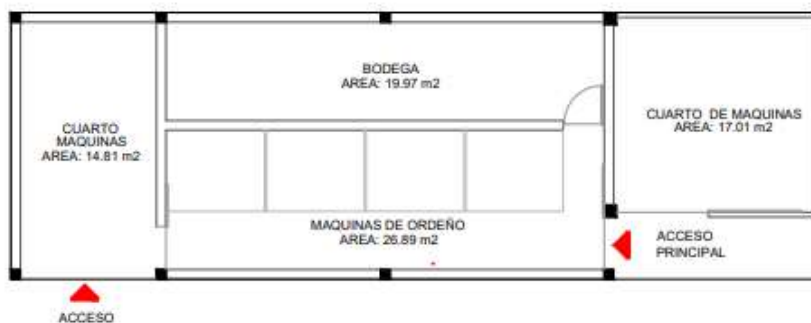


Figura 51. Plano de la Granja 1 UDLA.

En el gráfico 52 se puede apreciar la distribución de la Granja 2:



Figura 52. Plano de la Granja 2 UDLA.

En el gráfico 53 se puede apreciar las conexiones que existen en el caldero de la granja 2:



Figura 53. Caldero y sus conexiones Granja 2 UDLA.

En el gráfico 54 se puede apreciar la conexión que existe en el cuarto de refrigeración de la granja 2:



Figura 54. Ventilador y su conexión Granja 2 UDLA.

En el gráfico 55 se puede apreciar la conexión que existe del caldero al cuarto de producción, hacia una de las máquinas que utilizan vapor de la Granja 2:



Figura 55. Conexión de la tubería del caldero hacia máquina Granja 2 UDLA.

En el gráfico 56 se evidencia el cuarto de procesamiento de lácteos con la conexión de la tubería que lleva el vapor del caldero hacía las demás maquinas que consumen el mismo.



Figura 56. Conexión de la tubería del caldero hacía el cuarto de procesamiento de lácteos Granja 2 UDLA.

En el gráfico 57 se evidencia la distribución de las tuberías que llevan el vapor del caldero hacía las maquinas que consumen el mismo.



Figura 57. Conexión de la tubería del caldero hacía el cuarto de procesamiento de lácteos Granja 2 UDLA.

En el gráfico 58 se evidencia la máquina de ordeño de la Granja 1.



Figura 58. Máquina de ordeño de la Granja 1 UDLA.

4.1.2. Descripción del proceso de lácteos

Etapas del Proceso de Elaboración de quesos.

Para realizar el proceso de elaborar quesos se requiere las siguientes etapas:

- Para comenzar se debe receptor y tratar la leche que se recolecta del ordeño, está actividad consume energía.
- Se pasteuriza la leche entera a una temperatura de aproximadamente 63°C, por una media hora.
- Se enfría a una temperatura entre 37 a 39° C y se le añade los fermentos lácticos DVS.
- Se procede a pre madurar el fermento por una media.
- Se añade cloruro de calcio, para que se coagule la leche utilizando cuajo bovino, a una temperatura entre 31 y 33° C.
- Se realiza cortes de la cuajada obtenida y se procede a agitar.
- Se calienta a una temperatura entre 34 y 36° C.
- Se produce a limpiar la masa lavándola, para posteriormente desuerar y realizar el procesamiento con suero.

- Se procede a moldear y utilizar la prensadora para obtener un pH igual a 5,2.
- Se procede a salar los quesos utilizando salmuera.
- Se madura los quesos con un rango de temperatura de entre 12 a 14° C en el cuarto de refrigeración y con porcentajes de humedad entre 84 a 91%, por un mes y medio, este proceso consume energía por el cuarto de refrigeración.
- Se realiza el etiquetado. (Bain, 2019)

4.1.3. Descripción de la producción de la mermelada

Primero se cosecha y recolecta la materia prima y los insumos necesarios para la elaboración de la mermelada, una vez realizado esto, se transporta al área de producción en donde se realizará la elaboración de la siguiente manera: (Almache, 2011)

- **Selección:** Esta es la primera parte del proceso en el cual se desechan las frutas que se encuentran en mal estado.
- **Pesado:** Se pesan las frutas con el fin de así poder calcular los demás ingredientes que se añadirán.
- **Lavado:** Esto es para eliminar cualquier tipo de suciedad y que haya quedado adherida a la fruta.
- **Pelado:** Va a realizarse de manera manual.
- **Pulpeado:** Esta parte del proceso consiste en sacar la pulpa, libre de sus semillas y su cascara.
- **Precocción:** La fruta debe de hervir de 10 a 15 minutos en una temperatura de 85° C, este proceso se realizará antes de añadir el azúcar con el fin de que se pueda extraer toda la pectina.
- **Cocción:** La parte más importante del proceso, debido a que de esto depende la calidad de la mermelada, aquí se mide y añade el azúcar y el ácido cítrico. La cocción se la realiza en pailas que trabajan en presiones de entre 700 a 740mm Hg, lo cual hace que el producto se concentre entre 60 y 70° C.

- **Obtención del punto de gelificación:** En esta parte del proceso se añade la pectina, la cual evita que se formen grumos. En esta etapa la masa debe ser movida en la mínima cantidad posible. Se determina el punto final de cocción mediante tres pruebas que son: la gota de vaso de agua, del termómetro y del refractómetro, una vez que pasa estas tres pruebas se puede agregar el conservante, el cual no puede pasar del 0.05% del peso total de la mermelada.
- **Trasvase:** Con el fin de evitar la sobre-cocción, el producto debe ser pasado a otro recipiente. Si este proceso no se realiza puede originar la cristalización y el oscurecimiento de la mermelada.
- **Envasado:** Se llena el envase al tope, luego se coloca instantáneamente la tapa y se voltea para esterilizar la misma. Se lo mantiene volteado por 3 minutos y luego se lo coloca correctamente con la tapa hacia arriba.
- **Enfriado:** Esta parte se va a realizar con chorros de agua fría.
- **Etiquetado:** Es importante que se etiquete el producto para que el consumidor final tenga la información necesaria del mismo.
- **Almacenado:** Un aspecto importante a tener en cuenta es que la mermelada se debe almacenar en un lugar seco, que adicionalmente sea frío para que se mantenga mejor, así como que se mantenga con la ventilación suficiente para asegurar su conservación hasta la comercialización.

4.2. Diseño

4.2.1. Requerimientos necesarios para el caso de estudio

Para los sensores de temperatura se ve conveniente colocarlos fuera del cuarto de procesamiento de la leche, para así obtener la temperatura del ambiente, otro sensor dentro del cuarto, para así lograr aplicar alguna técnica como puede ser el apagar el cuarto de refrigeración en ciertas horas del día, para reducir el consumo y que se mantengan de buena forma los productos, dado que estos productos son comercializados en la UDLA y son de buena calidad.

La granja puede utilizar termopares para medir la temperatura dentro del conducto de vapor que sale del caldero hacia las demás máquinas.

Para los sensores de temperatura que se utilizarán dentro de la barra metálica que va desde el caldero hacia las máquinas, se va a tener en cuenta la ley de conducción del calor de Fourier, específicamente la de: Transmisión del calor. Esta ley se entiende poniendo como ejemplo una cuchara que es colocada en una llama a un extremo de esta, ahí se puede observar como el otro extremo se va calentando de a poco, aunque no se encuentre en contacto con la llama, esto se puede explicar debido a que el calor va a llegar al extremo más frío mediante la conducción a través del material. (Romani, Quiroga, Larreguy & Frigerio, 2019)

Esta técnica se lograría en los cuartos de refrigeración para los sensores de temperatura manejando la ley de enfriamiento de Newton, que dice que, si la diferencia que existe entre el exterior y el cuerpo no es demasiado, el calor que se transporta en la unidad de tiempo para o a partir del cuerpo, ya sea utilizando conducción, radiación o convección se aproxima proporcionalmente a la diferencia de temperatura que existe entre el medio y el cuerpo. (Panayotova, 2015)

La fórmula de la ley de enfriamiento de Newton es la siguiente. Ver ecuación 15:

$$(15) \frac{dQ}{dt} = \alpha S(T - T_a)$$

Siendo

α el coeficiente de intercambio de calor.

S es el área del cuerpo.

T es la temperatura del cuerpo

T_a es la temperatura del medio ambiente.

Para poder ver la temperatura dentro del cuarto frío se necesita de la conductividad térmica, por varias capas. La conductividad térmica, es aquella que expresa la capacidad que posee un material dado en conducir el calor y además es única e inherente de cada material. (Lide, 2009)

Por ello para calcular la conductividad térmica de cualquier tipo de material se debe usar la siguiente fórmula. Ver ecuación 16:

$$(16) K = \frac{\dot{q}}{|\nabla T|}$$

Donde:

$$K = \text{Conductividad térmica} \left[\frac{J}{m \cdot s \cdot K} \right]$$

$$\dot{q} = \text{flujo de calor (por unidad de tiempo y unidad de área)} \left[\frac{J}{m^2 \cdot K} \right]$$

$$\nabla T = \text{el gradiente de temperatura} \left(\frac{K}{m} \right)$$

El sensor de temperatura es el encargado de ver la información, que en este caso sería la temperatura de la superficie que está siendo monitoreada. En este trabajo, se ha visto prudente utilizar los termopares. Como pudimos analizar en la tabla 3, el termopar correcto es el tipo K debido a que esta es usada en la industria para la medición de la temperatura en hornos, y en lo que respecta a los alimentos.

Una de las características del termopar de tipo K es que trabaja en temperaturas que van desde los 0 hasta 1250°C, aguantan la oxidación y son económicas.

Instalación Termopares tipo K:

Para poder instalar los termopares primero se deben instalar las vainas de estas, luego se instala la termopar y por último los cables de compensación y conexión, de la siguiente manera: (SEDEM, 2015)

1. Instalación de las vainas

Para poder instalar las vainas se deben seguir las especificaciones puestas en el servicio de tuberías, según el tramo en el que vayan a ser colocadas las mismas, hay que emplear la pasta selladora especial, en caso de que este especificado. (SEDEM, 2015)

Las vainas se colocan una vez que se haya hecho el lavado de líneas, y sustituyendo estas durante el mismo por tapones. Antes de que se apriete las roscas de tornillos se debe ver que no exista impedimento para la penetración de la vaina.

Las vainas roscadas deben ser introducidas a mano, únicamente se debe usar la llave para el final, con el fin de que quede bien ajustado.

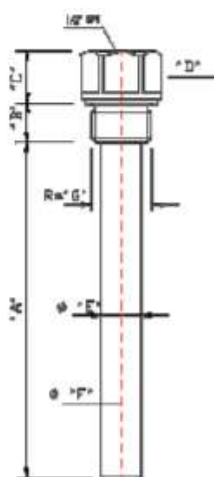


Figura 59. Vainas protectoras de termopar.

Tomado de (SEDEM, 2015)

2. Instalación de termopares:

Se debe tener en cuenta que la vaina se encuentre limpia y ver si es que el sensor penetra hasta el final y hace contacto con el fondo de la vaina.

Ahora si se procede a la conexión en donde hay que tener en cuenta la polaridad que posee los cables de prolongación, hay que hacer que estos coincidan con la indicada en los bornes de conexión de la cabeza, mediante el código de colores en el cable de prolongación se puede ver la polaridad que van a tener los conductores. (SEDEM, 2015)

Se debe verificar la polaridad en cada empalme. Para conectar los termopar se debe ver si esta es a 3 o 4 hilos de la correcta conexión de cada conductor, y esto ya depende del esquema de ingeniería.

Se debe dejar desde el último punto de fijación cable sujetado en caso de que se deba extraer sin necesidad de desembonar todo.

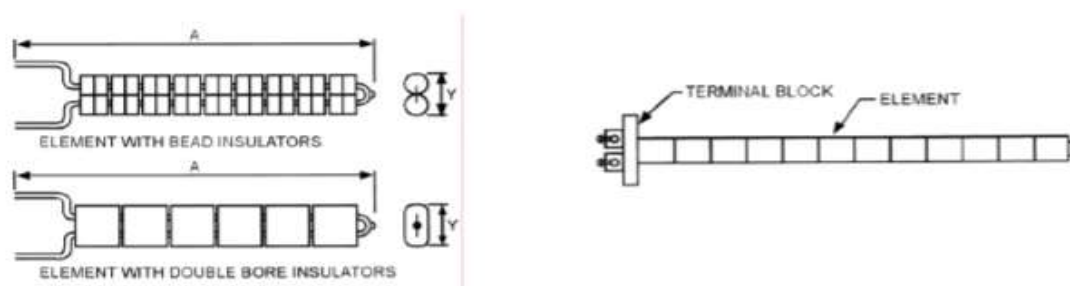


Figura 60. Instalación termopar.

Tomado de (SEDEM, 2015)

3. Cables de compensación y de conexión:

Los cables que transporten las señales para los termopares no deben ir por otros caminos que no sean los reservados para el mismo, que son los de señales eléctricas de instrumentación, y se debe evitar el cruce de estos.

Para ver si existen fugas dentro de los distintos conductos en la granja van a usarse medidores de presión.

Si se quieren detectar fugas dentro de una tubería, se coloca un dispositivo que permita detectar estas por las caídas de presión. Durante el descubrimiento, el dispositivo toma datos de presión y la compara con el punto de control

preestablecido, si es menor a un tiempo determinado, se manda una advertencia o alerta para tomar acciones al respecto. (SMAR, 2014)

Las tuberías en paredes planas tienen una fórmula peculiar en donde el calor se transmite en dirección perpendicular a la superficie.

Los sensores de presión se van a ubicar en el mismo sitio en donde se ubiquen los termopares para por cada máquina que ocupe la caldera tendrá su sensor, así como también existirán puntos medios para evidenciar que no existan pérdidas. (Vega, 2013)

Para los sensores de presión que van a ser colocados en los tubos que conectan al caldero con las distintas máquinas, se va a tomar en cuenta las pérdidas de carga en conducto rectilíneo, en donde se ve el principio de Bernoulli, que dice que, si el flujo es uniforme, la velocidad también es constante, esto se puede ver en la siguiente fórmula. Ver ecuación 17: (Olmo & Nave, 2016)

$$(17) Y_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Y_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum \lambda$$

Donde:

g : *aceleración de la gravedad*

Y_i : *altura geométrica en dirección de la gravedad en la sección*

P : *presión a lo largo de la línea de corriente*

ρ : *densidad del fluido*

v : *velocidad del fluido*

$\sum \lambda$: *pérdida de carga*

(Olmo & Nave, 2016)

Dentro de la granja los sensores de potencia pueden ser colocados en cada una de las maquinas que utilizan voltaje, como son la refrigeración, la máquina de ordeño de la leche y máquinas para el procesamiento de la leche.

Dentro de los sensores de potencia que se pueden aplicar al caso de estudio se han visto convenientes los sensores para las maquinas que van conectados directamente a las tomas, para las luminarias y para ambos compresores y ventiladores del área de refrigeración y que van a enviar los datos por Zigbee.

Para calcular las pérdidas que se van a generar en los distintos transformadores de las máquinas, se debe tener en cuenta el método IEEE C57.110-2008 que nos dice que: El total de pérdidas de potencia en un transformador se suman de las pérdidas sin carga o en el hierro con las pérdidas por carga (PLL) donde se puede determinar la influencia de los armónicos asociada al funcionamiento intrínseco del transformador. Esta norma presenta dos variantes, el primero para el diseño y la segunda para transformadores que ya se encuentran en uso, como es el caso de la granja de Nono, y se usará la siguiente fórmula. Ver ecuación 18 (Espinosa, 2017)

$$(18) P_{LL} = P_{I^2R} + P_{EC} + P_{OSL}$$

Donde:

P_{I^2R} = Pérdidas óhmicas

P_{EC} = Pérdidas por corrientes de Eddy

P_{OSL} = Pérdidas adicionales

(Espinosa, 2017)

Entonces para calcular las demás pérdidas se usan las siguientes fórmulas. Ver ecuación 19,20,21,22: (Espinosa, 2017)

$$(19) P_{I^2R} = K * [I_{1-R}^2 * R_1 + I_{2-R}^2 * R_2]$$

$$(20) P_{TSL-R} (= P_{LL-R} - P_{I^2R})$$

$$(21) P_{EC-R} = 0.33 * P_{TSL-R}$$

$$(22) P_{OSL-R} = P_{TSL-R} - P_{EC-R}$$

Donde:

I_{1-R} : Corriente nominal del devanado primario

R_1 : Resistencia del devanado primario

I_{2-R} : Corriente nominal del devanado secundario

R_2 : Resistencia del devanado secundario

K : Factor con valor 1.5 para transformadores trifásicos o 1 para los monofásicos

P_{LL-R} : Pérdidas por carga bajo condiciones nominales

P_{EC-R} : Pérdidas por corrientes de eddy bajo condiciones nominales

0.33: Porción de pérdidas por dispersión asumidas en la IEEE C57.110
– 2008 para transformadores

P_{TSL-R} : Pérdidas totales por dispersión bajo condiciones nominales

P_{OSL-R} : Pérdidas adicionales bajo condiciones nominales.

(Espinosa, 2017)

Para los sensores de humedad se ve factible que se los coloque dentro de los cuartos de refrigeración, para así mantener un control del producto que se tiene, sin que este se vea afectado, adicional a ello es importante colocar sensores de humedad dentro del cuarto de máquinas de procesamiento y en el exterior.

Con el uso de un material semiconductor se obtienen los valores precisos de temperatura y humedad de la señal que se emite. En los sistemas de ventilación mecánica higroregulables son muy utilizados, dado que permiten renovar el aire en función de la humedad del ambiente. (Siber, 2013)

Como se dijo anteriormente se necesita medir la humedad en los cuartos de refrigeración debido a que esta tiene una gran influencia en lo que respecta al producto refrigerado, por lo que luego que se haya producido un producto, el mismo empieza a perder peso por la humedad que existe en el ambiente en donde se almacena, y en caso de que exista mucha humedad, los microorganismos van a propagarse con mucha más facilidad y esto se da comúnmente en lugares donde hay altas temperaturas.

Con el fin de que se entienda, se explica que los organismos bacterianos se incrementan de manera relativamente menor con una humedad relativa al 75%, y en estas circunstancias de humedad se producen excesivas pérdidas de peso. En caso de que la humedad este entre 90 y 95%, las pérdidas de peso van a ser pequeñas pero la proliferación de bacterias va a ser alta, por lo cual estas tienen que ser controladas, y esto se logra mediante la disminución de la temperatura de almacenamiento, a 0°C o lo más cercano al mismo. (Blogia, 2011)

El sensor de humedad es el encargado de medir además la humedad que existe en el ambiente, y esta va a enviar reportes de forma periódica al controlador o coordinador. Se denomina humedad ambiental a la cantidad que se presenta en el aire de vapor de agua. Esta humedad tiene una fuerte influencia en lo que respecta a los sistemas HVAC (Heating, ventilation and air conditioning), que son sistemas de climatización y de ventilación, y este sistema está relacionado con la temperatura del aire, debido a que, si el aire está caliente, la humedad del mismo será alta, y por el contrario con aire frío se tiene una humedad baja.

Un control sumamente importante es de la luminaria, dado que en la granja al no controlar con sensores de movimiento cuando se debe encender las luces, se pueden tener prendidas luces innecesarias.

Para medir el caldero se va a necesitar un sensor de combustible, que mida el nivel de este. El sensor de nivel es un mecanismo electrónico que se encarga de la medición de la elevación del estado del objeto, principalmente líquido, dentro de un contenedor. Estos sensores controlan los procesos en las diferentes industrias. (Omega, 2017)

Dentro del sistema de adquisición de datos se ve más viable programar un sistema a comprar un sistema ya licenciado como por ejemplo de National Instruments o similares. Esto debido a que se lo puede adaptar más a las necesidades y no se requiere comprar las licencias anuales.

Para enviar la información no se va a usar ni Wi-Fi ni Bluetooth ni WSN, si no la tecnología ZigBee con una topología en malla por que debido al tamaño de la red de la granja no representa el costo de las demás además que ZigBee tiene un costo beneficio.

General Electric publicó un estudio, en donde compara la eficiencia energética con tres diferentes tecnologías: Zigbee, Bluetooth y WiFi, en lo que respecta a redes domésticas, este estudio indica que Zigbee resulto ser más eficiente que las demás, lo cual hace que este mejor adaptado al uso de las redes de los sensores.

Este estudio nos dice que es importante definir cuál es la mejor tecnología en lo que respecta al consumo energético de los dispositivos que conforman las redes inteligentes, debido a que estas redes domésticas energéticas, deben mejorar la eficiencia energética y limitar los picos de consumo.

Dentro de este estudio Bluetooth fue eliminado primero, debido a que tiene un limitado radio de cobertura, entonces el estudio se centró en WiFi y Zigbee, llegando a la conclusión de que Zigbee posee dispositivos más económicos y la topología de malla que se puede generar con este, provoca considerables ahorros energéticos y una mejor transmisión en los datos debido a que se puede establecer rutas de multi camino con itinerarios alternativos en caso de que algún nodo se bloquee.

Dentro de la granja de la UDLA en las habitaciones existe Wifi, pero adicional a ello en los cuartos de procesamiento de lácteos y mermeladas existe un cable de red Ethernet. De forma que se enviaran los datos a la universidad almacenándonos en un servidor que se ubicara en la granja y recogerá los datos del nodo coordinador para enviarlo vía Internet a la universidad. Para que nuestra red ZigBee se pueda conectar con la red Wifi de la universidad se va a usar un sistema BlueBox Smart Datalogger el cual es un Gateway sofisticado entre las redes de ZigBee y las redes MODBU.

Este sistema soporta una malla de actuadores y sensores de tipo ZigBee, los cuales son necesarios no solo para el sistema de climatización, sino también soporta otros parámetros como son: Temperatura, luminosidad, humedad, tensión, potencia, intensidad eléctrica, entre otras. Todas estas van a poder ser integradas en la red sin la necesidad de cableado y puede ser compatibles con cualquier aplicación de tipo SCADA. Estos sensores cuando se combinan con los medidores inteligentes de energía van a ayudar además a optimizar el consumo energético de lo que son los sistemas de iluminación y sistemas de climatización.

Este dispositivo además cuenta con una tarjeta de red inalámbrica WiFi y conexión a Ethernet, por lo cual va a poder ser conectado con cualquier otro tipo de red, con otros sensores y otros servidores.



Figura 61. Bluebox Smart Datalogger.

Tomado de (Zigbee, 2015)

Este terminal inteligente puede controlar hasta 10 sensores inalámbricos de la gama de ZigBee y su configuración es por medio de una interfaz Web/HTTP.

4.2.2. Diseño técnico

5 sensores de presión: Zigbee Pressure Sensor. Modelo: SMP2200 (Xi'an Sensors Co., Ltd., 2017) y temperatura Termopar tipo K. Marca: Best, Modelo: B, S, K (Taizhou Best Electric Equipment Co., Ltd., 2014)

- **Ubicación:** 1 sensor en la salida del caldero, 1 sensor en la primera máquina que se conecta a la tubería, 1 sensor en la segunda máquina que se conecta a la tubería, 1 sensor en la tercera máquina que se conecta a la tubería y 1 sensor en un punto medio de la tubería que conecta la máquina 1 y la máquina 2. Como se puede observar en el Gráfico 61.

6 sensores de humedad y temperatura (unidos) Modelo: Center 342: DATALOGGER REGISTRADOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD 342 (ELICROM, 2017)

- **Ubicación:** 1 sensor en la parte exterior del Laboratorio 1 de la Granja 2, 1 sensor en el cuarto de procesamiento de quesos, 1 sensor en el cuarto de procesamiento de mermeladas, 1 sensor en la primera área del cuarto de refrigeración de lácteos, 1 sensor en la segunda área del cuarto de refrigeración de lácteos y 1 sensor en el cuarto de refrigeración de frutas. Como se puede observar en el Gráfico 61.

9 sensores de potencia: Zigbee smart power meter. Modelo: HS2SK (Shenzhen Heiman Technology Co., Ltd., 2015)

- **Ubicación:** En las diferentes máquinas que existen que utilizan voltaje como son: máquina de refrigeración, máquina de ordeño de leche y máquinas para el procesamiento de la leche. Como se puede observar en el Gráfico 60 y 61.

3 sensores de potencia para luz: 2 3 channel 0-10V grow light flood light auto lighting system zigbee energy meter smart dimmer led 220v. Modelo: Remote Control. (Shenzhen AMELECH Technology Limited, 2014)

- **Ubicación:** En la luminaria de los cuartos de procesamiento de lácteos y mermeladas, colocando uno respectivamente en cada cuarto y 1 sensor en la luminaria del cuarto de ordeño. Como se puede observar en el Gráfico 60 y 61.

1 sensor de nivel para el caldero de tipo ultrasónico: F550 ultrasonic sensor with zigbee/wifi/Gprs/Gps remote monitoring data water level sensor wireless. Marca: Dingtek. Modelo: F550 water level sensor wireless (Beijing Dingtek Technology Corp., Ltd., 2012)

- **Ubicación:** En el caldero.

1 sensor de presión para el caldero de tipo presión de combustible inalámbrico: Holykell fábrica HPT612-W zigbee GPRS sensor de presión de combustible inalámbrico sensor de nivel de agua (Holykell Technology Company Limited, 2000)

- **Ubicación:** En el caldero.

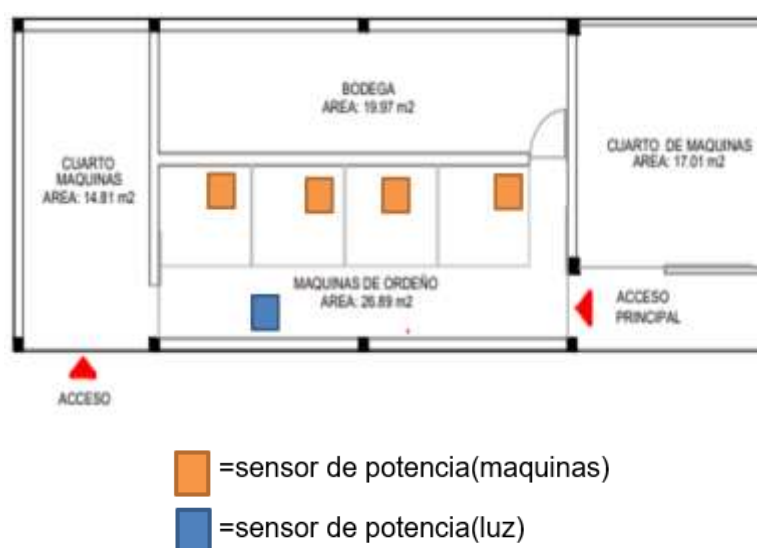
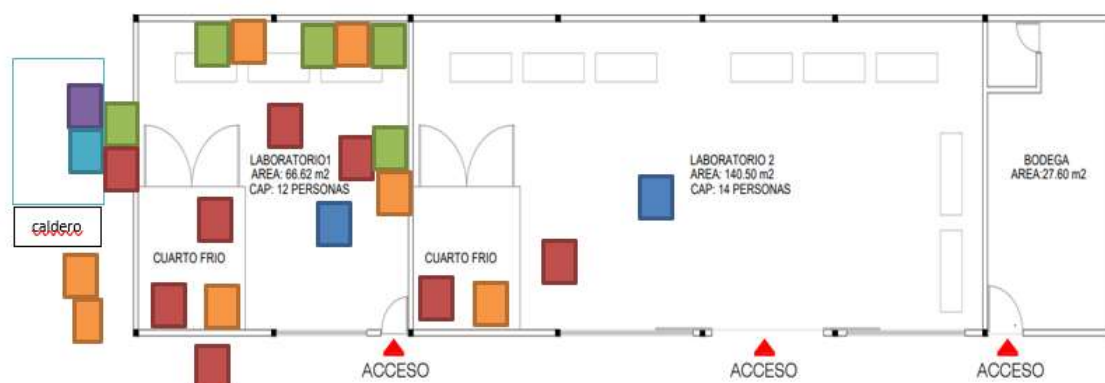


Figura 62. Ubicación Sensores Granja 1.



- =sensor de humedad y temperatura
- =sensor de presión
- =sensor de nivel
- =sensor de presión(caldero)
- =sensor de potencia(maquinas)
- =sensor de potencia(luz)

Figura 63. Ubicación Sensores Granja 2.

- Sistema de adquisición de datos (Programable o Licenciado)
 - Ubicación: Datacenter de la UDLA
- Red Zigbee
 - Gateway de configuración Xbee.
 - Bluebox Smart Datalogger
 - Antenas: Xbee Pro Znet 2.5

RED ZIGBEE:



Figura 64. Red de sensores Zigbee con el esquema de como enviar los datos a la UDLA.

Se van a manejar cuatro nodos debido a que se va a distribuir los sensores de la siguiente forma:

Nodo 1: Cuarto de ordeño.

Nodo 2: Procesamiento de lácteos.

Nodo 3: Procesamiento de mermeladas.

Nodo 4. Climatización e iluminación.

Estos nodos están divididos de esta forma, dado que el primero se encuentra distanciado de los dos últimos, por ende, va a ser un nodo excluido de los otros, en caso de los dos últimos se necesitan los mismos sensores en algunas áreas, pero debido a que son procesos distintos tienen que ser monitoreados, dado que se deben diferenciar la funcionalidad de sus sensores.

Lo innovador en nuestro proyecto es que conectamos dos métodos de comunicación, con el fin de poder usar lo mejor de cada uno, en el caso de Wi-Fi, es lo que ya disponía la granja experimental de NONO, y nosotros

implementamos la red ZigBee que es una tecnología inalámbrica de vanguardia, y usamos esta red para conectar los nodos del cuarto de ordeño, procesamiento de lácteos y mermeladas, y el nodo de climatización. Y estos nodos van a ir a un coordinador, el cual va a estar directamente conectado con el Wi-Fi que posee la granja, para así poder enviar los datos de una manera rápida hacia la universidad.

En lo que respecta al estado del arte, se detalló la tabla realizada de las ventajas y limitaciones tomamos en cuenta varias ventajas para el diseño, como por ejemplo utilizar la tecnología Zigbee, que representaba varias ventajas respecto a otros tipos de comunicación como se detalló en algunos artículos. Otro apartado importante fue las metodologías que ayudan en el ahorro energético, basado en leyes de refrigeración, como el apagar en ciertas horas el cuarto de refrigeración sin que afecte al producto final.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se debe usar termopares tipo K, que son las que mejor se adaptan a las características técnicas requeridas en este proyecto, como también los sensores propuestos en el mismo pueden ser aplicados otros que tenga características similares.

Se vio importante colocar sensores de potencia para la iluminación, dado que no se cuenta con un sistema de control en lo que respecta a luminarias y esto puede ayudar en un futuro para tener un ahorro energético.

Los sensores de presión, dentro de nuestro diseño son importantes debido a que, se necesitan ver si existen fugas dentro de los distintos conductos de la granja. Adicional a ello se decidió implementar junto con termopares cada uno de ellos.

Los sensores de temperatura son requeridos debido a que, de esta manera se puede obtener las distintas temperaturas con el fin de que luego se pueda aplicar alguna técnica, como puede ser el de apagar el cuarto de refrigeración a ciertas horas del día, con el fin de reducir el consumo y que se mantengan de buena forma los productos.

Los sensores de humedad, dentro del sistema, son importantes debido a que de esta manera se puede mantener un control de los productos que se tiene dentro de la granja de la UDLA.

Es de vital importancia que todos los sensores que se ocupen sean de tipo ZigBee debido a que, de otra forma, no se podrá conectar de manera correcta con el sistema de red que se implementara en la Granja.

Los datos van a ser recolectados mediante la tecnología ZigBee en lo que respecta al área de la granja, y esta será conectada al Wi-Fi que conecta la granja con la UDLA y todo esto gracias al Gateway Bluebox que permitirá que así se envíen los datos, y estos serán almacenados en el datacenter de la UDLA.

5.2. Recomendaciones

Instalar los sensores lo más cerca de los puntos en donde se requiere medir, para que no afecten las mediciones.

Tomar en cuenta la alimentación eléctrica que se tiene en el lugar a instalar, así como también las tecnologías para enviar datos que pueden ayudar para evitar cambiar de tecnología.

Tomar en cuenta que al ser un caso específico requiere de otros parámetros que quizás no han sido implementados en los trabajos de estado del arte analizados, por lo que se necesita plantear los requerimientos que se tiene dentro de la granja.

Estudiar a fondo los procesos que usan energía eléctrica, para ver si se puede optimizar el consumo de estos o desplazar la carga en diferentes horarios.

Analizar la tecnología que más se adapte a los requerimientos para que esta no sea sobredimensionada, el mismo caso que con los sensores.

En el caso de evidenciar que al apagar en ciertas horas y cierto tiempo las áreas de refrigeración, que no se dañe el producto se puede tomar esta técnica para ahorrar costos y mantener los productos en buena calidad.

Según los materiales usados para la construcción del sistema y de las características que posea cada dispositivo ZigBee, se va a poder tener varios routers, uno por departamento, los cuales van a servir como repetidores de la señal del coordinador.

REFERENCIAS

- Alcalá, J. M., Ureña, J., Member, S., Hernández, Á., Member, S., & Gualda, D. (2017). *Sustainable Homecare Monitoring System by Sensing Electricity Data*, 17(23), 7741–7749.
- Amaro, J. P., Cortesão, R., Landeck, J., Ferreira, F. J. T. E., & Member, S. (2015). *Harvested Power Wireless Sensor Network Solution for Disaggregated Current Estimation in Large Buildings*, 64(7), 1847–1857. Recuperado el 14 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.1109/TIM.2014.2383052>
- Amxilatis, D., Akrivopoulos, O., & Mylonas, G. (2017). *An IoT-Based Solution for Monitoring a Fleet of*, 1–15. Recuperado el 14 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.3390/s171102296>
- BCE (2019) “Boletín Macroeconómico”, ASOBANCA.
- Bonino, D., & Russis, L. De. (2015). *Design recommendations for smart energy monitoring: A case study in Italy*. *Energy & Buildings*, 91, 1–9. Recuperado el 14 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.01.031>
- Carratù, M., Ferro, M., Paciello, V., Member, S., Pietrosanto, A., Member, S., & Sommella, P. (2017). *Performance Analysis of wM-Bus Networks for Smart Metering*, 17(23), 7849–7856.
- David R. Lide (2009). *CRC Press Inc, ed. CRC Handbook of Chemistry and Physics (en inglés) (90 edición)*. p. 2804. ISBN 978-1-420-09084-0.
- Erazo-rodas, M., Sandoval-moreno, M., & Muñoz-romero, S. (s.f.). *Multiparametric Monitoring in Equatorial Tomato Greenhouses (II): Energy Consumption Dynamics, (Ii)*, 1–36. Recuperado el 14 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.3390/s18082556>

- Hu, S., Liu, F., He, Y., & Hu, T. (2012). *An on-line approach for energy efficiency monitoring of machine tools*. *Journal of Cleaner Production*, 27, 133–140. Recuperado el 14 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.01.013>
- Koutitas, G. C., & Tassiulas, L. (2016). *Low Cost Disaggregation of Smart Meter Sensor Data*. *IEEE Sensors Journal*, 16(6), 1665–1673. Recuperado el 14 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2015.2501422>
- Kumar, A., Hancke, G. P., & Member, S. (2014). *Low Cost Requirements*, 14(8), 2557–2566.
- Liangzhao, Z. (2004). *QoS Computación y Vigilancia en Servicio Web dinámica Selección*, 17–22.
- Lin, Z., Zheng, J., Ji, Y., Zhao, B., Qu, Y., Huang, X., & Jiang, X. (2010). *EMMNet: Sensor Networking for Electricity Meter Monitoring*, 6307–6323. Recuperado el 15 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.3390/s100706307>
- Liu, Y., Cheng, C., Gu, T., Jiang, T., Member, S., & Li, X. (2016). *Scheme for Smart Grid*. *IEEE Sensors Journal*, 16(3), 836–842. Recuperado el 15 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2015.2489258>
- Melendez, J., Colomer, J., Massana, J., & Pous, C. (2015). *Multivariate statistical monitoring of buildings. Case study: Energy monitoring of a social housing building*, 103, 338–351. Recuperado el 16 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.069>
- Morales, R., Badesa, F. J., Garc, N., Perez-vidal, C., & Mar, J. (2012). *Distributed Smart Device for Monitoring, Control and Management of Electric Loads in Domotic Environments*, 5212–5224. Recuperado el 16 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.3390/s120505212>

- Mota, L., Mota, A., Carvalho, M., & Lavorato, M. (2018). *Development of a Surface Temperature Sensor to Enhance Energy Efficiency Actions in Buildings*. Recuperado el 16 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.3390/s18093046>
- Saccomanno, A., Laudati, A., Szillasi, Z., Beni, N., Cutolo, A., Irace, A., ... Breglio, G. (2012). *Long-Term Temperature Monitoring in CMS Using Fiber Optic Sensors*. *IEEE Sensors Journal*, 12(12), 3392–3398. Recuperado el 16 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2012.2205989>
- Sharmin, T., Gül, M., Li, X., Ganev, V., & Nikolaidis, I. (2014). *Monitoring building energy consumption, thermal performance , and indoor air quality in a cold climate region*. *Sustainable Cities and Society*, 13, 57–68. Recuperado el 18 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.04.009>
- Shekara, S., Reddy, S., Wang, L., & Devabhaktuni, V. (2011). *Smart meters for power grid : Challenges , issues , advantages and status*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 2736–2742. Recuperado el 18 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.039>
- Shoreh, M. H., Siano, P., Shafie-khah, M., Loia, V., & Catalão, J. P. S. (2016). *A survey of industrial applications of Demand Response*. *Electric Power Systems Research*, 141, 31–49. Recuperado el 18 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2016.07.008>
- Spachos, P., & Hatzinakos, D. (2016). *Real-Time Indoor Carbon Dioxide Monitoring*. *IEEE Sensors Journal*, 16(2), 506–514. Recuperado el 18 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2015.2479647>
- Viciano, E., Alcayde, A., Montoya, F. G., Baños, R., Arrabal-campos, F. M., & Manzano-agugliaro, F. (2019). *An Open Hardware Design for Internet of Things Power Quality and Energy Saving Solutions*. Recuperado el 20 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.3390/s19030627>

- Zhang, J., Qiao, X., Guo, T., Ma, Y., Wang, R., & Weng, Y. (2012). *Highly-Sensitive Temperature Sensor Using a Hi-Bi Fiber Tip Probe*. *IEEE Sensors Journal*, 12(6), 2077–2080. Recuperado el 20 de marzo de 2019 de: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2012.2183866>
- CEPAL (2014) 'Evaluación de la intensidad energética en Ecuador', pp. 1–28. Available at: Recuperado el 20 de marzo de 2019 de: <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/EQU/EnergyIntensityAssessmentinEcuador.pdf>.
- MAGAP (2016) El sector agropecuario ecuatoriano: análisis histórico y prospectiva a 2025, La política agropecuaria ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025. I Parte. Recuperado el 20 de marzo de 2019 de: <http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas/La%20Pol%C3%ADticas%20Agropecuarias%20al%20%202025%20I%20parte.pdf>
- ESPAC (2017) Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Recuperado el 22 de marzo de 2019 de: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Presentacion_Principales_Resultados_ESPAC_2017.pdf
- ESPAC (2017) Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Recuperado el 22 de marzo de 2019 de: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf
- SIPA (2018) Principales Productos Agrícolas (Leche). Recuperado el 22 de marzo de 2019 de: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/comercio-exterior>
- CELEC (2018) Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035. Recuperado el 29 de marzo de 2019 de:

<https://www.celec.gob.ec/hidronacion/images/stories/pdf/PLANEE%20version%20espa%C3%B1ol.pdf>

Quezada, I. (2013). Tendencias mundiales del consumo de quesos y su comercialización, Agrimundo. Recuperado el 29 de marzo de 2019 de: http://www.agrimundo.gob.cl/wp-content/uploads/131202_reporte_leche_n3.pdf

Orozco, M. (2015). Un tercio de la producción láctea se dedica al queso. Líderes. Recuperado el 29 de marzo de 2019 de: <https://www.revistalideres.ec/lideres/ecuador-produccion-lactea-queso.html>

LeBlanc, W. J. (1988). *Development and implementation of an agricultural load management project: a case study. IEEE Transactions on Power Systems*, 3(4), 1793–1797. Recuperado el 29 de marzo de 2019 de: <http://doi.org/10.1109/59.192997>

Lima, L. P. de, Ribeiro, G. B. de D., & Perez, R. (2018). *The energy mix and energy efficiency analysis for Brazilian dairy industry. Journal of Cleaner Production*, 181, 209–216. Recuperado el 2 de abril de 2019 de: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.221>

Nunes, J., Silva, P. D., Andrade, L. P., & Gaspar, P. D. (2016). *Key points on the energy sustainable development of the food industry - Case study of the Portuguese sausages industry. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 393–411. Recuperado el 2 de abril de 2019 de: <http://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.019>

Rogers, A. P., & Rasmussen, B. P. (2018). *Opportunities for Consumer-Driven Load Shifting in Commercial and Industrial Buildings. Sustainable Energy, Grids and Networks*, 16, 243–254. Recuperado el 2 de abril de 2019 de: <http://doi.org/10.1016/j.segan.2018.08.004>

- Acosta, M. (2006). Estudio del estándar IEEE 802.15.1 "Zigbee" para comunicaciones inalámbricas de área personal de bajo consumo de energía y su comparación con el estándar IEEE 802.15.1 "Bluetooth." Recuperado el 2 de abril de 2019 de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/55/1/CD-0024.pdf>
- Almache, D. (2011). Plan de negocio para la creación de una empresa de producción de mermelada de Chirimoya. Recuperado el 2 de abril de 2019 de: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/1308/1/UDLA-EC-TIC-2011-02.pdf>
- Arian, C. (2016). ¿Qué son y cómo funcionan las termopares? Recuperado el 2 de abril de 2019 de: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>
- Badajoz, A. (2015). Las tecnologías WIFI y WIMAX. Recuperado el 5 de abril de 2019 de: https://www.dip-badajoz.es/agenda/tablon/jornadaWIFI/doc/tecnologias_wifi_wmax.pdf
- Bain, I. (2019). Etapas del Proceso de Elaboración de quesos. Recuperado el 5 de abril de 2019 de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-etapas_del_proceso_de_elaboracin_de_quesos.pdf
- Castro, R. (2005). Avanzando en la seguridad de las redes WIFI. Recuperado el 5 de abril de 2019 de: <http://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/73/ENFOQUE1.pdf>
- Cuningan, M. (2013). Medir corriente eléctrica con un sensor de efecto Hall. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: <https://cuningan.wordpress.com/2011/07/05/medir-corriente-electrica-con-un-sensor-de-efecto-hall/>
- Dignani, J. (2011). Análisis del protocolo Zigbee. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18349/Documento_completo__.pdf?sequence=1&isAllowed=y

EcuRed. (2019). Puente de Wheatstone - EcuRed. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: https://www.ecured.cu/Puente_de_Wheatstone

Gomez, E. (2017). Cómo usar un Termistor NTC. Recuperado el 8 de abril de 2019 de: <https://www.rinconingenieril.es/como-usar-un-termistor-ntc/>

Hellín, A. (2013). Desarrollo de una aplicación para android de geolocalización y comunicación en exteriores mediante wifi. Recuperado el 8 de abril de 2019 de:
<http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3214/pfc5099.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández, A., & Puerta, C. (2014). Transmisión de Datos vía Bluetooth. Recuperado el 10 de abril de 2019 de:
<https://es.scribd.com/presentation/63428563/Transmision-de-Datos-via-Bluetooth>

Innovative Sensor Technology - USA Division. (2019). *Resistance Temperature Detector (RTD) - Principle of Operation, Materials, Configuration and Benefits*. AZoM. Recuperado el 2 de junio de 2019 de:
<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=5573>.

Instruments, N. (2019). *What Is Data Acquisition?* - National Instruments. Recuperado el 10 de abril de 2019 de: <https://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

INTEL. (2019). Diferentes protocolos de Wi-Fi y velocidades de datos. Recuperado el 17 de abril de 2019 de:
<https://www.intel.la/content/www/xl/es/support/articles/000005725/network-and-i-o/wireless-networking.html>

Jemar, E. (2015). Termorresistencias. Recuperado el 17 de abril de 2019 de:
<http://jemartermometria.com/termorresistencia>

- Linares, R., Quijano, J., & Holguin, G. (2004). Implementación del protocolo bluetooth para la conexión inalámbrica de dispositivos electrónicos programables. Recuperado el 21 de abril de 2019 de:
<https://www.redalyc.org/html/849/84912053026/>
- Lopez, W., & Moyón, N. (2011). Desarrollo de un sistema scada para la medición de temperatura con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica. Recuperado el 21 de abril de 2019 de:
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1145/1/25T00148.pdf>
- Mathas, C. (2011). Conceptos Básicos sobre sensores de temperatura | DigiKey. Recuperado el 29 de abril de 2019 de:
<https://www.digikey.com/es/articles/techzone/2011/oct/temperature-sensors-the-basics>
- Marín, C. (2011). Bluetooth: criterios de selección y comparativa con otras tecnologías inalámbricas. Recuperado el 29 de abril de 2019 de:
<http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/83/1224/a1224.pdf>
- Medidores, A. (2017). Transductores de presión. Recuperado el 29 de abril de 2019 de: <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/transductores-presion.htm>
- Medidores, J. (2017). Humidímetros. Recuperado el 2 de mayo de 2019 de:
<https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/metros/humidimetros.htm>
- Megafenix, F. (2018). Termistor sensor de temperatura - Ingeniería Mecafenix. Recuperado el 2 de mayo de 2019 de:
<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/termistor-sensor-temperatura/>

Márquez, G. (2016). ▷ Tipos de SENSORES de Temperatura y sus diferencias | SRC. Recuperado el 10 de mayo de 2019 de: <https://srcsl.com/tipos-sensores-temperatura/>

Moreno, J. (2007). Informe Técnico: Protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4). Recuperado el 2 de mayo de 2019 de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1109/7/Informe_ZigBee.pdf

Omega. (2013). Sistema de adquisición de Datos | Omega Engineering. Recuperado el 10 de mayo de 2019 de: <https://es.omega.com/prodinfo/adquisicion-de-datos.html>

Panayotova, S. (2015). Ley del enfriamiento de Newton. Recuperado el 10 de mayo de 2019 de: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/estadistica/calor/enfriamiento/enfriamiento.html

Regadios, R. (2019). ¿En qué nos puede servir un termopar tipo k? Recuperado el 15 de mayo de 2019 de: <http://www.congresoregadiosyrenovables.es/en-que-nos-puede-servir-un-termopar-tipo-k/>

Regoli, C., & Martinez, J. (2013). Diseño de un método de enrutamiento activo para ´ redes inalámbricas de sensores (wsn). Recuperado el 15 de mayo de 2019 de: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70429/fichero/Tesis_Master_Carolina_Regoli%252FTrabajoFinalMaster.pdf

Romani, J., Quiroga, P., Larreguy, M., & Frigerio, M. (2019). Conducción y pérdida de calor a lo largo de una barra metálica. Recuperado el 18 de mayo de 2019 de: https://www.fisicarecreativa.com/informes/infor_termo/distrib_temp_barra.pdf

- Salazar, J. (2019). Redes Inalámbricas. Recuperado el 18 de mayo de 2019 de:
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf
- SEDEM. (2015). Instrucciones instalación, operación y mantenimiento de termopares y termorresistencias. Recuperado el 23 de mayo de 2019 de:
http://www.sedemsa.com/media/Descargas/Manuales/SEDEM/MANUAL_INSTALACION_Y_MTO_TEMPERATURA.pdf
- Tavares, C. (2012). Diseño de una arquitectura para redes de sensores con soporte para aplicaciones de detección de eventos. Recuperado el 23 de mayo de 2019 de:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15152/tesisUPV3764.pdf>
- UDLA. (2017). Granja Integral y su biodiversidad - Universidad de Las Américas. Recuperado el 2 de junio de 2019 de:
<https://www.udla.edu.ec/internacional/cursos-internacionalidad/agricultural-management-and-biodiversity/granja-integral-y-su-biodiversidad/>
- UDLA. (2018). Web Guía Estudiantil. Recuperado el 2 de junio de 2019 de:
https://www.udla.edu.ec/wp-content/uploads/2018/03/WEB_GUIA_ESTUDIANTIL_2018.pdf
- Valenzuela, F. (2012). Redes de sensores inalámbricos (wsn). Recuperado el 12 de junio de 2019 de:
<https://es.slideshare.net/franciscovalenzu/redes-de-sensores-inalmbricos-wsn>
- Vázquez, A. (2008). Estudio y simulación de la tecnología WiFi de acceso inalámbrico. Recuperado el 15 de junio de 2019 de:
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4678/Mem%C3%B2ria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vega, J. (2013). Transferencia de calor. Recuperado el 10 de junio de 2019 de:
http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-165.htm

Zigbee Alliance. (2019). Zigbee for Developers. Recuperado el 12 de junio de
2019 de: <https://www.zigbee.org/zigbee-for-developers/>

ANEXOS

ACRÓNIMOS

ALC (América Latina y el Caribe)

PIB (Producto Interno Bruto)

UPA (Unión de Pequeños Agricultores y Ganaderos)

BCE (Banco Central del Ecuador)

MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca)

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe)

PGE (Procuraduría General del Estado=

ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua)

VAB (Valor Agregado Bruto)

MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable)

NTC (Coeficiente de temperatura negativo)

PTC (Coeficiente de temperatura positivo)

RTD (Termorresistencias)

DAQ (Sistema de Adquisición de Datos)

IoT (Internet de las cosas)

(AES) Advanced Encryption Standard

(PAN) Personal Area Network

(MAC) Media Access Control

(APS) Application Packaging Standard

(PDA) Personal Digital Assistance

(ACL) Access Control Lists

(GFSK) Gaussian Frequency Shift Keying

(SCO) Santa Cruz Operation

(SDP) Session Description Protocol

(RFCOMM) Radio Frequency Communication

(UDP) User Datagram Protocol

(TCP) Transmission Control Protocol

(PPP) Pixels per Inch

(IP) Internet Protocol

(WAE) Wireless Application Environment

(WAP) Wireless Application Protocol

(IEEE) Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

(AP) Access Point

(WSN) Wireless Sensor Networks

(TI) Tecnología de la Información

(RAM) Random Access Memory

(API) Application Programming Interface

(CDMA) Code Division Multiple Access

(GPRS) General Packet Radio Service

(LAN) Local Area Network

(GUI) Interfaz Gráfica de Usuario

(IAQ) (Indoor air Quality

(WNCAP) Wireless Network Capable Application Processor

(EMF) Electromagnetic Field

(CNC) Computer Numerical Control

(FHS) Filesystem Hierarchy Standard

(IRMS) Isotope Ratio Mass Spectrometry

(CMS) Content Management System

(HMI) Interfaz Hombre Máquina

(VRMS) Valor Eficaz

(HEP) High-Energy Physics

(WDM) Wavelength Division Multiplexing

(FBG) Fiber Bragg Grating

(KPI) Key Performance Indicator

(PLC) Power Line Carrier

(DNP3) Distributed Network Protocol 3

(SIP) Session Initiation Protocol

(DR) Demand Response

(ISO) International Organization for Standardization

(TCL) Cargas controladas termostáticamente

(PCA) Análisis de Componentes Principales

(NILM) Non-Intrusive Load Monitoring)

(IEC) International Electrotechnical Commission

HVAC (Heating, ventilation and air conditioning)



WHY CHOOSE HOLYKELL ?

HPT 600 series Submersible liquid level sensor

The Eight leading performance advantages

 Overload Protection Max 2.5 times overload Range Pressure instant impact	 Wide voltage power supply 9~36V power supply Wide voltage power supply optional
 High accuracy Factory internal control 0.25% high accuracy	 Triple protection Reverse connect protection Over-voltage Protection, over-current protection Imported sensor core
 Automatic temperature compensation -40℃~+80℃ Automatic drift correction	 High stability Effectively inhibit the interference of cutoff frequency
 Rapid reaction 8ms Pressure transient response	 Waterproof and dustproof Class IP68 Suitable for all kinds of applications

Descripción general

Detalles rápidos

Lugar del origen: China (Mainland)

Número de Modelo: B, S, K tipo

Teoría: Sensor de temperatura

Rango de Temper... 0-1100degree

Diámetro del alam... 0.3, 0.4, 0.5mm

Tubo de protecció... Personalizado

Caja de conexiones: A prueba de agua

Nombre del produ... Alta temperatura sensor de temperatura ZigBee

Marca: Mejor

Aplicación: Industrial

Exactitud: ±0.1°C

Material del alam... Platino rodio

Protección materi... Corindón tubo y tubo de cerámica

Protección longitu... Personalizado

Condiciones de e... Por aire o por mar

Precisión	Precisión: ±0! 3C... ±0 3% RH -Rango de 20 ~ 70C 0 ~ 100% RH Con: Sensor de temperatura interno DS18B20 + sensor de humedad SHT21
Intervalo de grabación	1 s ~ 24 h configurable
Puede mantener los registros	65000 unidades
Interfaz de comunicación	ZIGBEE
Alerta (alarma de temperatura)	Alerta de anillo y led (se puede apagar) Alerta de correo del software del servidor
5	Potencia de línea 5V2A + batería recargable de 2600 mAh

Zigbee pressure sensor

Product details

Product name	Flush film isolation pressure sensor
Range	-100kPa... 0kPa-20kPa... 35MPa
Type	Gauge pressure; Absolute pressure; Sealed gauge pressure
Application	Hydraulic system; Process control
Material	SS 316L
temperature compensation	0°C-70°C
Product Keywords	zigbee pressure sensor; working of pressure sensor; wise pressure sensor

Zigbee smart power meter wall socket EU

Basic Specification:

1. Working Voltage:AC85V~265V (Universal AC input)
2. Average power supply:≤0.25W
3. Maximum load: 16A
4. with power meter
5. Networking:Zigbee ad hoc network
6. Wireless networking distance:≤100m (in the open area)
7. Anti-RF interference:80MHz — 1GHz 10V/m
8. Working environment:-10°C ~ +50°C
9. Working humidity:maximum 95%RH
10. Dimension: 79.8* 67.9* 63mm

Main features:

- WIFI, Zigbee, Zwave protocols are optional
- Zigbee/ Zwave approved.
- CE, ROHS certificated
- 16A, 3000W load
- Power consumption metering
- EU, FR, AU, UK, US standard plug provided
- With timer function

Quick Details

Place of Origin:	Guangdong, China (Mainland)	Brand Name:	smart dimmer led 220v
Type:	Remote Control	Max. Load Power:	no limitation
Voltage:	100-277V	Key word:	zigbee energy meter smart dimmer led 220v
Wireless frequency:	2.4GHz	Input power:	AC100-277V/50/60Hz
Output voltage:	3 Channel 0-10V (DIM1 DIM2 DIM3)	Standby power:	<1W
Antenna:	Internal antenna External antenna	Control distance:	20-30M
IP rate:	IP20	Operation temper...:	-20°C to 60°C
OTA:	YES		

Specification

Measurement Range	20~ 12000mm (for different model)
Blind Area	2 meter version: 20cm. 5 meter version: 25cm. 12 meter version: 150cm.
Resolution	1mm or 0.1%FS, the bigger one
Power Supply	10-32V DC
Output Signal	RS485, RS232, 0-3.3V, 4-20mA, TCP
Protocol	Modbus RTU/ Dingtek /Customized
Operating Temperature	-20~70°C
Storage Temperature	-40 ~ 85°C
Shell Material	Polyamide
Media	Solid or liquid (except strong acid or strong base)
Protection Rank	IP66
Mounting	flange
LED Display	Optional
Battery	Optional
Wireless	Optional for zigbee, wifi, GPRS, UMTS.
Dimension	Standard version: 70mm(H)*72mm(W)*72mm(L) or wifi/GPRS/UMTS version: 115mm(H)*72mm(W)*72mm(L)

