

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**



**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA MEJORAR EL  
PROCESO DE DIMENSIONAMIENTO Y COTIZACIÓN DE  
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-GRID O HÍBRIDOS CON  
RESPALDO DE RED ELÉCTRICA EN LA EMPRESA LEAF  
ENERGY**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**AUTOR**

**MAX PIERRE TRESIERRA COLLAZOS**

**ASESOR**

**LUIS AUGUSTO ZUÑE BISPO**

<https://orcid.org/0000-0001-7838-8656>

**Chiclayo, 2021**

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA MEJORAR  
EL PROCESO DE DIMENSIONAMIENTO Y COTIZACIÓN  
DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-GRID O HÍBRIDOS  
CON RESPALDO DE RED ELÉCTRICA EN LA EMPRESA  
LEAF ENERGY**

PRESENTADA POR  
**MAX PIERRE TRESIERRA COLLAZOS**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

APROBADA POR

William Alfredo Noblecilla Vincés  
PRESIDENTE

Oscar Alex Serquén Iparraguirre  
SECRETARIO

Luis Augusto Zuñe Bispo  
ASESOR

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>6</b>
<b>Revisión de literatura .....</b>	<b>7</b>
<b>Materiales y métodos.....</b>	<b>8</b>
<b>Resultados y discusión.....</b>	<b>10</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>27</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>28</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>29</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>32</b>

## Resumen

El dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos es el proceso de escoger el tipo y cantidad de componentes necesarios para suministrar la energía eléctrica necesaria para cubrir una parte o la totalidad del consumo eléctrico del cliente. La empresa Leaf Energy la cual se dedica a este rubro, presenta problemas en cuanto a las demoras y defectos en la atención al cliente, para lo cual se pretende mitigar las causas con un software a modo de herramienta de dimensionamiento. El objetivo principal del software es permitirle al usuario generar un reporte detallado de como máximo 5 sistemas de energía fotovoltaica híbrido y 5 conectado a la red eléctrica adecuados para suministrar el consumo eléctrico del cliente, información que será obtenida a partir de una imagen digital del recibo enviado por el cliente al usuario. Se realiza una investigación de tipo tecnológica-aplicada, mediante el método de investigación interactiva se evalúa la implementación del software en conjunto con un experto de la empresa donde se realizarán pruebas con distintos recibos de consumos eléctricos. Los resultados se comprobarán con hojas de datos luego de haber probado el software con ayuda de un experto en temas de energía fotovoltaica de la empresa donde se implementará el software. Al término de la tesis el software logró generar exitosamente un reporte detallado. Se logró el objetivo de obtener de manera rápida y concisa toda la información necesaria sobre el cliente, la cotización y la evaluación del retorno de inversión del sistema.

**Palabras clave:** procesamiento de imágenes, detección de patrones, energía solar, sistema fotovoltaico.

## Abstract

The sizing of photovoltaic systems is the process of choosing the type and quantity of components necessary to supply the energy needed to cover part of or all the client's electrical consumption. The Leaf Energy company, which is dedicated to this area, presents problems in terms of delays and defects in customer service, for which it is intended to mitigate the causes with software as a sizing tool. The main objective of the software is to allow the user to generate a detailed report of a maximum of 5 hybrid photovoltaic energy systems and 5 connected to the electricity grid suitable to supply the customer's electricity consumption, information that will be obtained from a digital image of the receipt sent by the client to the user. A technological-applied research is carried out, through the interactive research method, the implementation of the software is evaluated in conjunction with an expert from the company where tests will be carried out with different receipts for electricity consumption. The results will be verified with data sheets after having tested the software with the help of an expert in photovoltaic energy from the company where the software will be implemented. At the end of the thesis, the software managed to successfully generate a detailed report. The objective of quickly and concisely obtaining all the necessary information about the client, the quotation, and the evaluation of the return on investment of the system was achieved.

**Keywords:** image processing, pattern detection, solar energy, photovoltaic system.

## Introducción

En pro de la generación de energía autosustentable y según [1] buscar que la energía eléctrica sea asequible incluso en los lugares más remotos, se hace uso de sistemas de generación eléctrica mediante radiación solar o de forma abreviada sistemas fotovoltaicos (por sus siglas FV). Un sistema fotovoltaico transforma la radiación luminosa en energía eléctrica. La radiación usada en los sistemas fotovoltaicos que se usan en instalaciones domésticas, industriales y en plantas solares es la que proviene directamente desde el sol. Como lo indica [2] para aprovechar y almacenar correctamente esta energía procedente del Sol se requiere un sistema compuesto de paneles, baterías, controlador e inversor.

En el caso internacional se menciona en [3], [4], [5] que los sistemas conectados a la red eléctrica e híbridos se utilizan no solo para un consumo particular sino también inyectan a la red eléctrica parte de esta energía para ser utilizada posteriormente. Sin embargo en [6] se explica que la realidad peruana no permite que se implemente lo que se conoce como generación distribuida de energía ni los métodos de compensación respectivos debido a falta de normativas, regulaciones y equipamiento (medidores bidireccionales o doble medidor). Esto motiva a los proveedores locales de componentes de sistemas fotovoltaicos a utilizar estos sistemas híbridos y conectados a la red de una manera distinta, haciendo los cálculos para consumos que se realizan netamente durante el día de modo que quizás no cubren toda la energía que el cliente consume, pero si genera un ahorro en el recibo de energía a fin de mes. Si bien existe programas que se encargan de hacer los cálculos fotovoltaicos, algunos conocidos son por ejemplo PVSyst, Homer, PVSol, Calculadora Nastec que se especializa en bombeo, estos programas han sido diseñados para una realidad distinta a la nuestra y en cuestiones de cálculos de ángulo de inclinación de paneles a utilizar para el dimensionamiento del sistema FV son propensos a dar datos que pueden no ser los apropiados.

Lo expuesto anteriormente junto a las dificultades en la aprobación normativas y regulaciones que permitan una adecuada generación distribuida de energías alternativas se hace evidente la necesidad de una solución tecnológica que pueda realizar los cálculos de forma eficiente con información que pueda adecuarse a la realidad nacional, para lo cual se planteó la interrogante ¿De qué forma se puede mejorar el proceso de dimensionamiento y cotización de sistemas fotovoltaicos híbridos conectados a la red eléctrica?

Es por eso que la presente tesis se centra en la creación de un software que integra un módulo de dimensionamiento y cotización, que pueda utilizar correctamente la información que proveen las bases de datos de irradiancias existentes, con una interfaz simple que permita resultados rápidos y alternativas de sistemas, que generen reportes con información de importancia para el usuario final del sistema fotovoltaico para que pueda llamar la atención del cliente al mostrar que lo que se realiza no es un gasto, sino una inversión.

La justificación radica en la búsqueda de un valor agregado a la empresa, pues con la entrega rápida de un sistema FV personalizado para el cliente y el cálculo de inversión se estaría diferenciando en gran medida de las otras empresas que brindan información básica de un sistema, de este modo se brinda un servicio de mejor calidad y se atrae más la atención del cliente, se hace una empresa más conocida y generar un crecimiento.

Para la investigación el tipo de estudio a realizar será tecnológica-aplicada, en la cual se utilizarán los conocimientos adquiridos sobre sistemas fotovoltaicos sobre la realidad existente en el país en conjunto con una solución técnica basada en software con resultados reales obtenidos de la implementación del software en la empresa, realizando pruebas con fotos de recibos de luz de distintas empresas proveedoras del servicio eléctrico, obtenidos de distintas fuentes, de los cuales se obtendrá un resultado del dimensionado de un sistema FV por parte de un experto y será comparado con el resultado del software diseñado, demostrando así su fiabilidad.

El presente software mejora la atención que se le da al cliente, ofreciéndole detalles de su sistema y permitiéndole elegir de un conjunto de alternativas de sistemas fotovoltaicos la que considere más conveniente. Además de servir como apoyo a la empresa Leaf Energy, para que pueda crecer como empresa ofreciendo servicios de calidad al cliente.

### **Revisión de literatura**

En el ámbito internacional se tomaron como referencia las investigaciones realizadas por Balajil et al [7] el cual presenta un trabajo que busca la detección e interpretación automática de 5 tipos de gráficas distintas: barras horizontal y vertical, gráfico de torta, y gráfico de barras apiladas horizontal y vertical. Para identificar el tipo de gráfico esto hace uso de aprendizaje automático (Tensorflow) de una base de datos propia de los autores permitiendo que a través un mayor conjunto de aprendizaje, más precisa se vuelve la detección. Luego usa algoritmos simples de procesamiento de imágenes (OpenCV) y OCR (Tesseract) para el análisis de la información del gráfico. Debido a que se conoce parte de la información del gráfico y el tipo de información que presenta además del tipo de gráfico que se va a analizar (barras verticales), solo es necesario analizar la información de las barras verticales para lo cual se va a proceder según los pasos indicados en el trabajo con algunas modificaciones personales. Además en el área eléctrica se revisó a Fernández [8] el cual buscó la implementación de un sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira en México. Se presentan los pasos de análisis, dimensionamiento, cotización y un análisis de contribución a la reducción de consumo de energía (rentabilidad). Para esto, comienza con el análisis de los recibos de facturación eléctrica en doce meses (agosto 2014 a julio 2015) usando como referencia un porcentaje de ahorro deseado. Luego con el análisis de ubicación y equipos y una simulación que permite ver el impacto ambiental y retorno de inversión del sistema. En el trabajo se realiza el proyecto de un sistema conectado a la red para un suministro calculado a partir del recibo de luz mostrando fundamentos que permiten demostrar que puede dimensionarse un sistema de este. Usan un porcentaje del total consumido mensualmente para establecer la potencia fotovoltaica necesaria, lo cual se desea usar en el presente proyecto debido a que en Perú no puede inyectarse la energía producida por un sistema a la red eléctrica. Ostos [9] también buscó implementar un sistema FV Híbrido con soporte de red eléctrica que generará energía para una casa de descanso. Realiza el análisis, dimensionamiento e instalación de un sistema a partir de un consumo diario calculado mediante la proporción respectiva del consumo mensual promedio, esto debido a que la información específica por aparato brindada por los pobladores no era tan precisa. Aquí se encuentra la demostración del diseño de un sistema fotovoltaico híbrido a partir de un consumo mensual promedio, similar al consumo que uno obtiene del recibo de luz. El sistema fotovoltaico híbrido es el segundo sistema que se pretende diseñar mediante algoritmos en la presente tesis.

En cuanto a la realidad nacional sobre sistemas fotovoltaicos se tomó en cuenta a Gómez [10] que realiza una evaluación de métodos numéricos para el cálculo de la producción de energía eléctrica para un sistema fotovoltaico. Haciendo uso y comparación de distintas fórmulas de eficiencia y corrección de temperatura que se usan para hacer el modelamiento del comportamiento sistema fotovoltaico, cruzando con una comparación que hace uso de irradiaciones promedio diario y mensual. Hace una demostración clara de porque es posible utilizar en el cálculo de los paneles la radiación diaria promedio y la temperatura promedio, el mismo método de cálculo que se utiliza en el algoritmo de cálculo para la cantidad de paneles. Juárez [11] investigó como dimensionar un arreglo fotovoltaico de 3KW de potencia en paneles. Para ello utiliza el método convencional de dimensionamiento de paneles. Teniendo como resultado que necesita un arreglo de 14 paneles de 250W con un inversor on-grid de 3000W. Si bien usa el método convencional de cálculo de irradiación que incluye cálculo de ángulos y, se toma en cuenta el hecho que menciona normas en el Perú para sistemas de generación de energía alternativa que se deben evaluar debido a que es posible que en el dimensionado se incluyan dispositivos eléctricos de seguridad, de modo que se pueda tener un valor más preciso de toda la inversión inicial del sistema. Mesones [12] desarrolla el dimensionamiento y selección de un sistema solar fotovoltaico de conexión a red para el restaurante “El zarco” ubicado en la ciudad de Cajamarca. Realiza todo el dimensionamiento respectivo desde el análisis del potencial fotovoltaico hasta el análisis de retorno de inversión. Detalla el cálculo de un sistema fotovoltaico conectado a la red, la tesis tomara como referencia las correcciones de potencia, voltaje y corriente debido a la temperatura que se deben tomar en cuenta en toda instalación junto con el cálculo de cableado y dispositivos de seguridad, además de mostrar las fórmulas y tablas que informarían sobre la rentabilidad y ahorro energético del dimensionado realizado. Esa información es de vital importancia para el cliente y es la información que se detallará en el reporte que generará el software que se pretende desarrollar.

En el ámbito local se reviso los estudios realizados por Cieza [13] para desarrollar el dimensionamiento y selección de un sistema solar fotovoltaico para un segmento de la instalación eléctrica para el hostel Lancelot ubicado de la ciudad de Chiclayo – Chiclayo - Lambayeque. Realiza todo el dimensionamiento respectivo desde el análisis del potencial fotovoltaico hasta el análisis de retorno de inversión. Detalla el cálculo de un sistema fotovoltaico, se tomará en cuenta debido a su importancia en la presente tesis el cálculo de los elementos de protección, además de las fórmulas de la distancia mínima entre cada hilera de módulos fotovoltaicos además de los cálculos precisos del retorno de inversión. Por último Swayne [14] realiza el dimensionamiento y selección de un sistema solar fotovoltaico para un segmento de la instalación eléctrica para el hostel Lancelot ubicado de la ciudad de Chiclayo – Chiclayo - Lambayeque. Realiza todo el dimensionamiento respectivo desde el análisis del potencial fotovoltaico hasta el análisis de retorno de inversión, resultando en la elección de un sistema híbrido con respaldo de red eléctrica. Detalla el cálculo de un sistema fotovoltaico, tomando en cuenta la importancia para la presente tesis el cálculo de los elementos de protección junto con las normativas para la estructura del sistema fotovoltaico y el hecho que además señala la importancia del cálculo del peso del sistema, debido a que la instalación será en un techo.

## **Materiales y métodos**

De acuerdo con lo que se explica en [15] la investigación a realizar es de tipo tecnológica-aplicada, en la cual se utilizaran los conocimientos adquiridos sobre sistemas

fotovoltaicos sobre la realidad existente en el país en conjunto con una solución técnica basada en software.

Se empleó la metodología de investigación interactiva. Pues conforme se explica en [16] lo que se intenta es que el investigador, en este caso el tesista, en conjunto con un grupo representado por el experto por parte de la empresa Leaf Energy realiza una serie de acciones que viene a ser el análisis del problema, la implementación del software y sus pruebas respectivas con el objetivo de sustituir el proceso de dimensionamiento actual por uno más eficiente.

TABLA I  
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Observación experimental	Hoja de datos (Ver ANEXO 2)	Imágenes digitales del recibo de luz proporcionado por la empresa Leaf Energy	Analizar y realizar una comparación entre lo que puede detectar el ojo humano y lo que puede detectar el software
Observación experimental	Hoja de datos (Ver ANEXO 2)	Reportes en PDF generados por el software	Analizar y realizar una comparación entre lo que puede dimensionar el experto y los resultados del dimensionamiento del software

A continuación, se mencionan las actividades que se realizaron en cada una de las iteraciones de las fases:

#### **Fase #1: Selección de herramientas**

Se selecciona la herramienta para codificar y desarrollar tanto la visión artificial y el aprendizaje automático.

#### **Fase #2: Desarrollo del software de visión artificial**

Mediante la librería de procesamiento de imágenes escogida en la fase 1 se procede a elaborar el código del software de visión artificial. Para esto se debe definir el problema o situación que quiera analizarse con el procesamiento de imágenes y luego siguiendo la metodología estándar explicada en el marco teórico.

Luego se utilizará el método escogido para la detección y reconocimiento de texto en una imagen, seguido del método seleccionado para la detección de la gráfica.

#### **Fase #3: Desarrollo del software para diseño de sistema fotovoltaico**

Con la ayuda del marco teórico y de un experto, se diseñarán los algoritmos de cálculo para luego codificarlos en un software simple. Usando datos preparados.

#### **Fase #4: Desarrollo de la estructura del reporte técnico del software en la fase 3**

Mediante un diseñador de reportes, se realizará un reporte detallado con todo lo necesario para que el cliente no tenga dudas sobre el sistema que posee.

#### **Fase #5: integración de los módulos desarrollados**

Se realiza la integración de los módulos desarrollados en las fases previas. Verificando que no haya errores con pruebas sencillas.

### **Fase #6: elaboración del manual y documentación**

Integración y organización de toda la documentación de las fases anteriores.

Se construyeron las interfases del software de escritorio en lenguaje de programación Java v1.8 mediante el IDE Apache NetBeans v12.0.

Se diseñó una arquitectura idónea para el funcionamiento del sistema, para la cual se escogió la arquitectura cliente-servidor con respaldo de manera local. El software de escritorio será instalado en casa cliente y el servidor de base de datos será el que provee la empresa Leaf Energy. El lenguaje utilizado para la base de datos es el relacional de código abierto PostgreSQL v12.0.

Considerando la arquitectura anteriormente descrita, se definen las características de los componentes que la conforman en el listado a continuación:

- Servidor: Bluehost
- Lenguaje de base de datos: PostgreSQL v12
- Lenguaje de programación: Java EE 1.8
- OpenCV: Librería disponible en lenguaje Python, C#, C++ y Java para el procesamiento de imágenes. Version: 4

## **Resultados y discusión**

### **En base a la metodología utilizada**

#### **Fase #1: Selección de herramientas**

Para selección de herramientas se tomó en cuenta las siguientes condiciones:

- Código abierto.
- Creación de formularios de aplicación de escritorio.
- Experiencia del programador.
- IDE sencillo.
- Facilidad de instalación.
- Facilidad de integración.

Dichas condiciones se evaluaron en los siguientes aspectos del software a desarrollar, ordenados de acuerdo con su prioridad:

- Visión Artificial: La herramienta más conocida de código abierto para el desarrollo de software de visión artificial, tanto para imágenes digitales como para vídeo es OpenCV. La cual es una librería creada para el lenguaje de programación C++. Sin embargo cuenta con librerías en lenguaje Python, C# y Java. Dado que se necesita que sea código abierto y además debe ser la creación de interfaces de forma sencilla se seleccionó el lenguaje de programación Java.
- Software de escritorio: Para el software de escritorio como se había indicado anteriormente, debía hacerse uso de un lenguaje incluido en las librerías de OpenCV mediante el cual puedan crearse de forma sencilla los formularios de escritorio. Para ello se tomó en consideración el IDE Apache NetBeans porque la creación de formularios en dicho IDE es sencilla y además en los recursos en línea existen manuales detallados para la integración de la librería de

OpenCV con el IDE en mención. Como dato adicional, se tomó en cuenta la experiencia del programador en proyectos anteriores que usaban tanto OpenCV, java y Apache NetBeans.

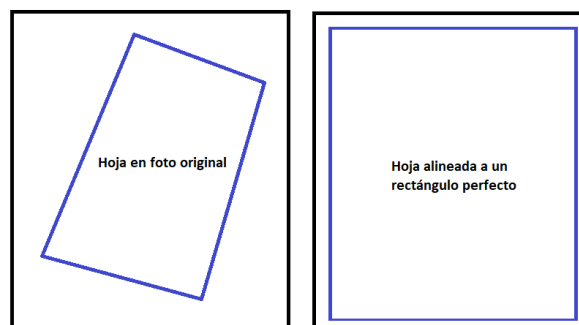
- Base de datos: En este caso se tomó en consideración el hecho de que se busca un lenguaje de código abierto que además cuente con un IDE propio. El lenguaje de programación que cuenta con estas condiciones es el de PostgreSQL.
- Generación de reportes: Dado que se necesita una creación de reportes sencilla, que permita descargar los archivos en formato PDF y que pueda integrarse con Java se escogió el IDE TIBCO JasperSoft Studio.

El resultado de esta fase se resume en la selección de las siguientes herramientas, tomando en cuenta la versión estable al momento del inicio del desarrollo del software:

- Lenguaje de programación: Java v1.8.
- Librería de visión por computador: OpenCV v4.
- IDE de desarrollo: Apache NetBeans v12.0.
- Lenguaje de base de datos: PostgreSQL v12.0.
- Manejador de base de datos: PgAdmin v4.
- IDE de generación de reportes: IDE TIBCO JasperSoft Studio 6.16.0.

## **Fase #2: Desarrollo del software de visión artificial**

El desarrollo del software de visión artificial se centra netamente en la extracción de la información del consumo eléctrico anual del cliente a partir de la gráfica de barras en el recibo de electricidad de su proveedor de servicios eléctricos. Para su desarrollo (tomando en cuenta las etapas de desarrollo de visión por computador) el software de visión artificial se divide en 2 partes, la primera se centra en el encuadre de las esquinas de la hoja en una región rectangular tal como se muestra en la siguiente imagen:



*Figura 1 Encuadre de la hoja en la fotografía a una región rectangular*

El proceso de la transformación es el siguiente:

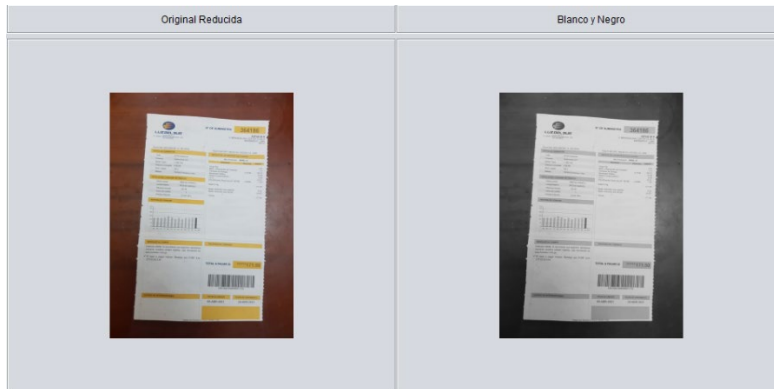
### 1. Adquisición de imágenes

La adquisición de la imagen del recibo de consumo eléctrico del cliente se realiza mediante el envío de dichas imágenes por parte del cliente a la empresa. Se programó una interfaz con un botón de selección de archivos de imagen para poder cargar el archivo al software.

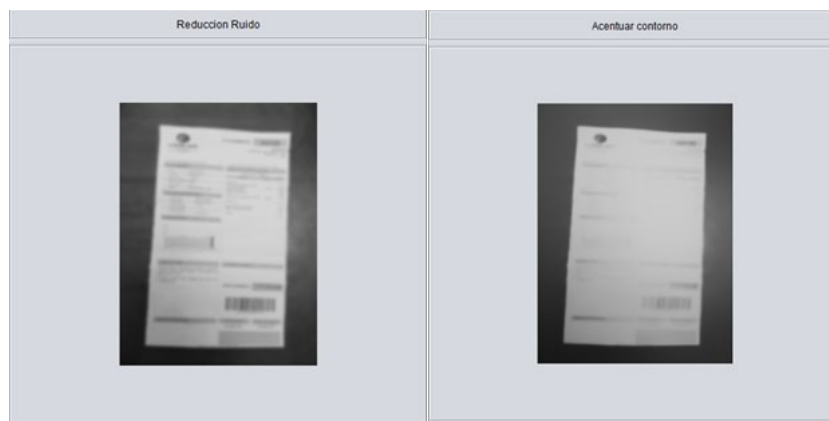
### 2. Preprocesamiento de imágenes

Para el preprocesamiento de imágenes del recibo de luz se realizaron las siguientes transformaciones a la imagen:

- Conversión a gris: para simplificar el código y los cálculos de software.
- Filtro gaussiano: para eliminar el ruido de la imagen.
- Filtro bilateral: para reducir acentuar los bordes de la imagen y diferenciar mejor los contornos.



*Figura 2 Conversión a gris de imagen de recibo*



*Figura 3 Aplicación de filtro gaussiano y bilateral a recibo*

### 3. Extracción de características

La extracción de características en este caso consistirá en encontrar los contornos de la imagen pre procesada, se usó el siguiente operador:

- Operador Canny: para encontrar los contornos.



*Figura 4 Aplicación del operador Canny y obtención del máximo contorno en imagen de recibo procesada*

#### 4. Segmentación de imágenes

El segmento para trabajar se obtiene gracias a los contornos obtenidos en el paso 3. El contorno seleccionado es el máximo contorno, que se transforma en un polígono de 4 lados. Se va a trabajar con los 4 puntos del polígono formado.



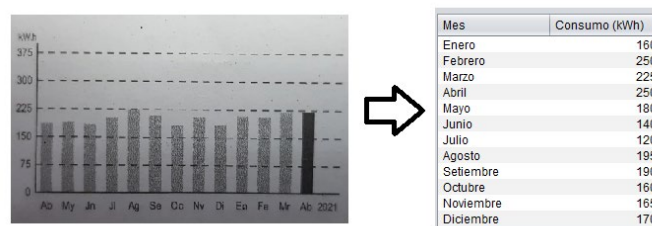
*Figura 5 Conversión de área a seleccionar en polígono de 4 puntos en imagen de recibo*

#### 5. Transformación morfológica

Se modifica la estructura de la imagen mediante una transformación de 4 puntos haciéndolo coincidir con la forma del JLabel donde se mostrará la imagen.

- Algoritmo utilizado: Transformación de 4 puntos, adaptado de [17]

La segunda parte se centra en el análisis de la información del gráfico de barras del recibo de consumo eléctrico del cliente, lo que se pretende es transformar la información que provee el gráfico de barras en una tabla con la información mensual de la siguiente forma:



*Figura 6 Entrada y salida de la segunda parte del software de visión artificial*

El proceso de la transformación es el siguiente:

##### 1. Adquisición de imágenes

La adquisición de la imagen del recibo de consumo del cliente se realiza manualmente sobre la imagen del recibo en una ventana diseñada específicamente para este propósito.

Se decidió la selección de a gráfica de esta forma debido a que se puede reducir la carga que puede generar una aplicación compleja de visión artificial en computadoras de escritorio o portátiles de gama media, además que aceleraba el proceso al intervenir la decisión del ojo humano en un objeto fácil de identificar en el recibo.

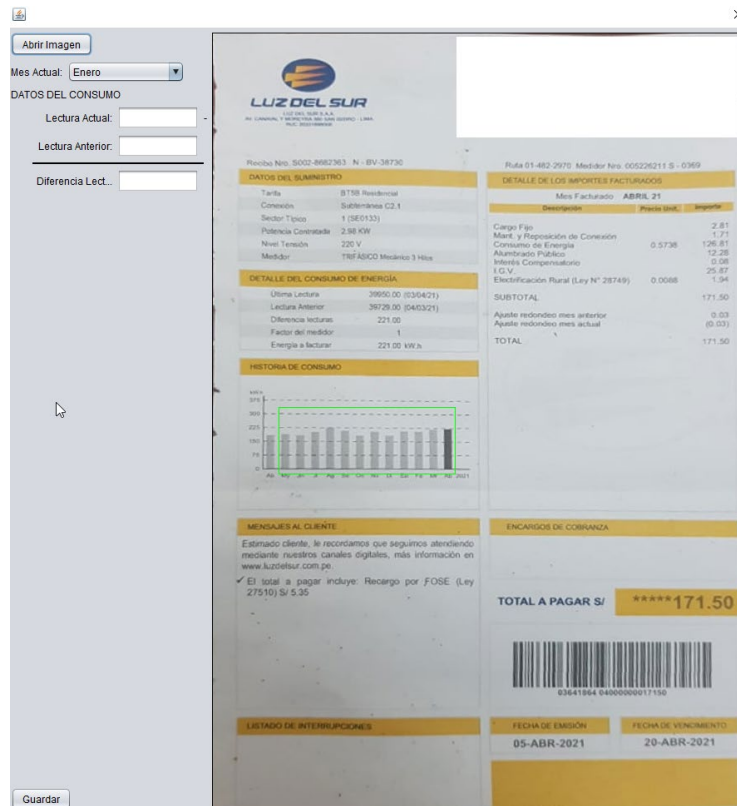


Figura 7 Selección de grafica de consumo en recibo ajustado al jLabel

## 2. Preprocesamiento de imágenes

Para el preprocesamiento de imágenes del recibo de luz se realizaron las siguientes transformaciones a la imagen:

- Conversión a gris: para simplificar el código y los cálculos de software.
- Se hacen las modificaciones respectivas de brillo, contraste y gamma de modo que se acentúe el color gris de las columnas y se diferencie del fondo blanco.
- Se realizan los filtros respectivos para eliminar ruido y acentuar los bordes. El primero con un kernel  $[[0,-1,0],[-1,5,-1],[0,-1,0]]$ , luego un difuminado leve con un kernel de  $3 \times 3$  y por último el filtrado bilateral.



*Figura 8 Conversión a gris y aplicación de filtro a gráfica*

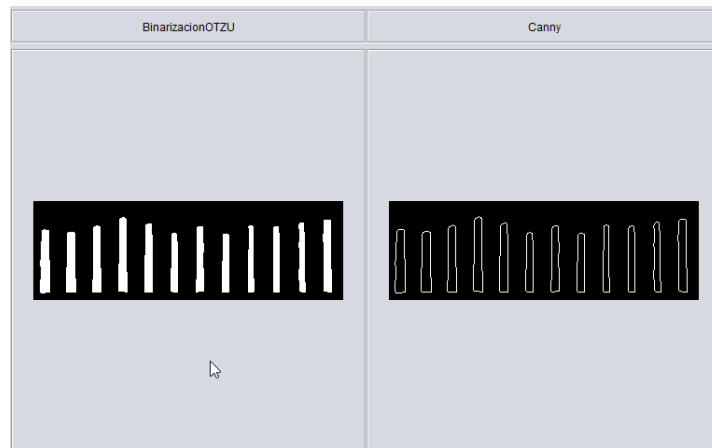


*Figura 9 Aplicación de correcciones de brillo, contraste, gamma y filtro de kernel a imagen de gráfica*

### 3. Extracción de características

La extracción de características en este caso consistirá en encontrar los contornos de la imagen pre procesada, se usó el siguiente operador:

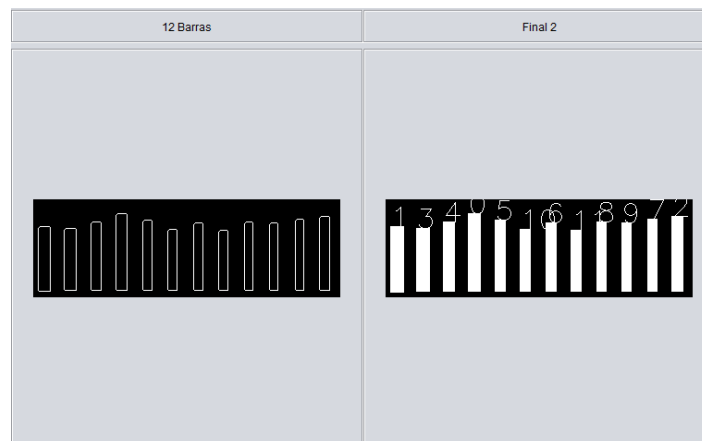
- Se realiza una binarización Otsu.
- Se aplican los cambios de apertura y cierre para eliminar las líneas de la gráfica innecesarias.
- Operador Canny: para encontrar los contornos.
- A cada contorno se forma un polígono rectangular.



*Figura 10 Aplicación de binarización Otsu, luego de apertura y cierre, y por último operador Canny a la imagen del recibo*

#### 4. Segmentación de imágenes

Ahora se tienen 12 columnas en la imagen, las cuales representan los 12 meses de consumo. Para cada columna se guarda la altura y su posición en el eje x de la imagen seleccionada.



*Figura 11 Transformación a polígonos rectangulares y posterior identificación de barras en imagen de grafica*

### **Fase #3: Desarrollo del software para diseño del sistema fotovoltaico**

El software se desarrolló por módulos. El término gestión a partir de este punto se va a referir a la acción de registrar y modificar la información que se gestiona. El detalle de los módulos se explica a continuación.

#### 1. Módulo #1: Pantalla principal.

Este módulo es únicamente la interfaz desde la cual el usuario podría acceder a todas las opciones del software. Dado que el software está orientado a los trabajadores de la empresa, se pensó en un diseño sencillo con el cual el usuario pueda familiarizarse fácilmente.

#### 2. Módulo #2: Gestión de clientes

Para la empresa la gestión de clientes no consistía en información tan específica. Su diseño tanto para la base de datos como para las interfaces se desarrolló a modo de una agenda de teléfonos. Los campos que el módulo recibe como datos de entrada son:

- Número de documento de identidad del cliente / RUC.
- Nombre completo del cliente / Razón Social.
- Teléfono de contacto.
- Correo electrónico de contacto.

Y como salida tiene la generación del id del cliente y la confirmación de la operación realizada.

El módulo cuenta con 2 interfaces:

- Formulario de listado de clientes: desde el cual el usuario puede ver un listado de todos los clientes registrados, filtrar de acuerdo con el campo seleccionado y crear o seleccionar para modificar un cliente.
- Formulario de gestión de cliente: desde el cual el usuario podrá introducir y guardar la nueva información del cliente o visualizar y modificar la información del cliente seleccionado desde el formulario de listado de clientes.

### 3. Módulo #2: Módulo de información de consumo

Permite la elaboración de un resumen del consumo del cliente conforme a la información que éste puede brindar, es aquí donde se va a integrar el algoritmo desarrollado para la adquisición de la imagen del recibo de consumo eléctrico y la lectura de la gráfica de consumo anual. Los campos de entrada requeridos por el módulo son los siguientes:

- Fecha de registro.
- Información del cliente al cual pertenece el recibo. Registrado previamente en el módulo #1.
- Departamento, provincia y distrito de instalación.
- Información del potencial fotovoltaico de la ubicación, obtenido de [18]
- Información de la temperatura de la ubicación, obtenido de [19]
- Información del consumo mensual del cliente de los 12 meses que muestra el recibo incluido el último mes: esto es la gráfica de barras del consumo.
- La potencia contratada, tensión, fases y costo unitario del Watt-hora que indica el recibo.
- El mes usado como referencia en el recibo.

El módulo tiene como salida los siguientes campos:

- El ángulo óptimo de inclinación de paneles.
- El ángulo de inclinación de acuerdo con el consumo.
- El ángulo azimut de los paneles.
- La irradiación mensual acorde al ángulo de inclinación y azimut.
- La potencia calculada en paneles para el consumo.
- La energía calculada para las baterías.
- La potencia máxima calculada.

El módulo cuenta con 4 interfaces:

- Formulario de listado de consumos: desde el cual el usuario puede ver un listado de todos los consumos registrados asociados a un cliente, filtrar de acuerdo con el campo seleccionado y crear o seleccionar para modificar un consumo.
- Formulario de gestión de consumos: desde el cual el usuario podrá introducir y guardar la nueva información del consumo o visualizar y modificar la información del consumo seleccionado desde el formulario de listado de consumos.
- Formulario de búsqueda de cliente: para seleccionar el cliente al cual le pertenece el consumo.
- Formulario de ingreso de datos de consumo: en el cual se pueden seleccionar la gráfica de un recibo de consumo eléctrico y llenar los datos referenciales del mismo para el cálculo automático del consumo anual del cliente.

#### 4. Módulo #3: Módulo de dimensionado

El módulo de dimensionado se encarga de mostrar la información de la cantidad de componentes necesarios para que el sistema genere la energía eléctrica conforme al consumo del cliente. Los campos de entrada del módulo son:

- Fecha de dimensionado.
- Datos del consumo del cliente obtenidos del módulo 2.
- Datos de componentes existentes.
- Datos de dispositivos de protección existentes.
- Datos de estructuras de sistemas fotovoltaicos que se pueden calcular.

El módulo tiene como salida la siguiente información.

- El detalle de componentes requeridos por el sistema: tipo, cantidad y precio.
- El detalle de los dispositivos de protección requeridos por el sistema: tipo, cantidad y precio.
- El detalle de la estructura de montaje del sistema: tipo, cantidad y precio.
- El detalle de costos operativos del sistema: descripción y precio.
- Producción mensual del primer año de uso del sistema.
- Producción energética anual del sistema a lo largo de 25 años.
- Gasto anual en el sistema a lo largo de 25 años.
- Costo nivelado de generación energía (LCOE) más costo nivelado de almacenamiento de energía (LCOES) en (\$)/(kW.h).
- La información de salida antes mencionada se muestra para los 10 sistemas calculados con el menor LCOE + LCOES.

El módulo cuenta con 3 interfaces:

- Formulario de listado de sistemas: permite la búsqueda de sistemas con un filtro en cada columna del listado, de este formulario se puede abrir el formulario de gestión de sistemas.
- Formulario de gestión de sistema: permite el dimensionado del sistema apropiado para el consumo generado en el módulo #2. El módulo tiene como entrada los datos del consumo, ubicación, ángulo de inclinación de paneles solares e irradiancia local y tiene como salida como máximo una lista de 10 sistemas detallando el tipo y total de componentes, instalación y costos respectivos; la generación mensual y la generación de energía y gasto anuales a lo largo de 25 años, además del LCOE Y LCOES y un mensaje de

confirmación de la operación realizada. La selección de éstos 10 sistemas está determinada por los LCOE y LCOES mínimos.

- Formulario de búsqueda de consumo: permite la búsqueda de un consumo generado en el módulo #2.

#### 5. Módulo #4: Generación de reportes

El módulo de generación de reportes se encarga de mostrar un resumen de los cálculos realizados en el módulo #3, información que servirá como datos de entrada junto con la estructura del reporte cuya creación se detallará en el apartado **Fase #4: Desarrollo de la estructura del reporte**. La salida de este módulo es un PDF con posibilidad de descarga en los archivos locales.

El módulo cuenta con 2 interfaces:

- Formulario de listado de sistemas: se usa como base formulario de listado de sistemas del módulo #3, la diferencia radica en que la única opción disponible es la de “seleccionar”.
- Formulario de selección de reporte: una vez seleccionado el conjunto de sistemas en el formulario de listado, se muestra una ventana con una lista desplegable con los sistemas calculados en el módulo #3, como se había mencionado se calculan hasta 10 sistemas con el menor LCOE + LCOES. Al seleccionar el sistema respectivo se genera un PDF que puede ser descargado para poder ser enviado al cliente.

#### **Fase #4: Desarrollo de la estructura del reporte**

Como se indicó en la fase #1 el software a utilizar es TIBCO JasperSoft Studio. De acuerdo con las indicaciones de los expertos, se estableció que la estructura del reporte va a estar formada por 3 partes.

- Parte #1: Muestra de datos del cliente: que mostrara la ubicación, el consumo y datos generales del sistema que se está dimensionando.

**Leaf Energy S.A.C** \*Cotización: \* +  
DATEFORMAT(\$F(emision),  
Fecha emisión: UPPER(DATEFORMAT(\$F  
Vigente hasta: UPPER(DATEFORMAT(\$F

RUC: ..

CLIENTE	
<b>SF(descripción)</b>	
DNI/RUC: SF(registro_unico)	
TELEFONO: SF(telefono)	
CORREO: SF(como)	
NOMBRE CONTACTO: SF(nombre_contacto)	

---

Nro MES	CONSUMO (kWh)	
SF(mes)	SF(consumo)	<b>ANALISIS DE INFORMACION DE CLIENTE</b>

DEPARTAMENTO: SF(departamento)  
 PROVINCIA: SF(provincia)  
 DISTRITO: SF(distrito)

Voltaje salida: SF(tension)  
 Fase: SF(fase)  
 Costo Wat: SF(precio\_unitario)

---

**ANALISIS FOTOVOLTAICO DE LA UBICACION**

LATITUD	LONGITUD	Nro MES	RRADIACION (Wh/m2)
SF(latitud)	SF(longitud)	SF(mes)	SF( irradiacion)

<b>ORIENTACION</b>	INCLINACION: SF
<b>AZIMUT</b>	AZIMUT: SF(azimu)

<b>CALCULOS</b>	POT. PANEL: SF
<b>Wh BATERIAS</b>	Wh BATERIAS: SF
<b>POTENCIA</b>	POTENCIA: SF




Figura 12 Parte 1 del reporte del sistema para el cliente

- Parte #2: El listado de componentes a modo de cotización.

**Leaf Energy S.A.C** UPPER(DATEFORMAT  
(new java.util.Date()),\*

RUC: 20566410096 Image Header

**PRESUPUESTO SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Detalle Cotización Group Header 1

"DESCRIPCION " + SF(parte)	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL
SF(descripcion)	SF(precio)	SF(cantidad)	SF(total_precio)
<b>"SUBTOTAL DE " + SF(parte)</b>			<b>\$V</b>

**SISTEMA**

<b>SUBTOTAL DEL SISTEMA</b>	<b>\$V</b>
IGV (18%)	Math.round(Double.
<b>PRECIO SISTEMA FOTOVOLTAICO:</b>	Double.valueOf

Page Footer \*Página " + \$V" de " + \$V  
(PAGE\_NUMBER){PAGE\_NUMBER}

Figura 13 Parte 2 del reporte del sistema para el cliente

- Parte #3: El retorno de inversión, mostrando la energía generada y el LCOE + LCOES respectivo.

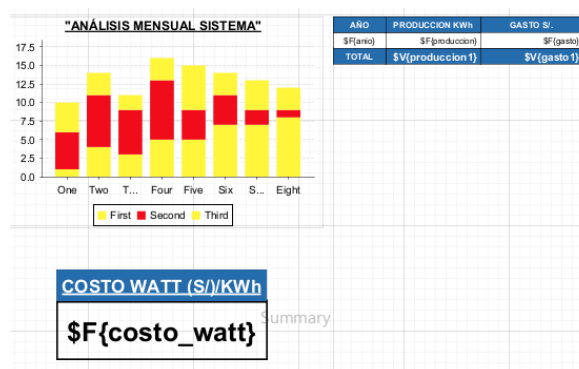


Figura 14 Parte 3 del reporte del sistema para el cliente

### Fase #5: Integración de los módulos desarrollados

Una vez comprobado el funcionamiento correcto de cada módulo, se procedió con la integración de todos los módulos. Esto se logra incluyendo los formularios en la pantalla principal y construyendo las relaciones en la base de datos, el resultado final es el software listo para ser utilizado. La base de datos relacionada integrada se muestra en el ANEXO N° 3.

### Fase #6: Elaboración del manual y documentación

La última fase consiste en la documentación respectiva, la cual consta de las fases descritas previamente y de un manual de usuario que se detalla en el ANEXO N° 4.

### En base a los objetivos de la investigación

**Diseñar un formulario con los campos necesarios del recibo del cliente y la información de la gráfica, que permita determinar la energía diaria y potencia máxima que tiene el cliente y el potencial fotovoltaico de la instalación.**

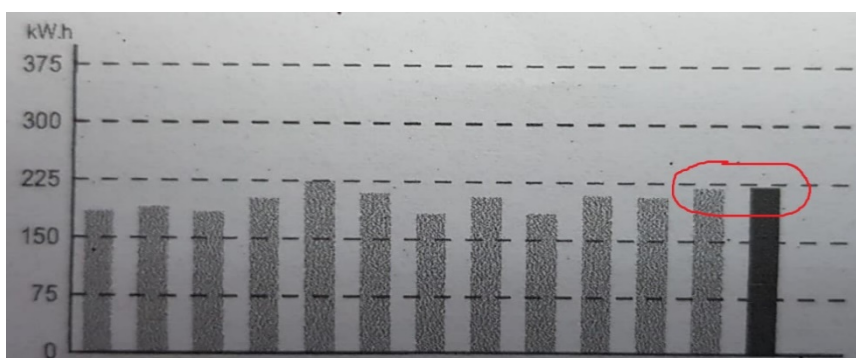
El proceso de desarrollo de este objetivo se logró mediante una colaboración entre el tesisista y el experto. Al cual se le mostraron 2 recibos de consumo eléctrico pertenecientes a las empresas de ENEL Distribución Perú y de Luz del Sur. De estos se obtuvieron los campos necesarios para poder dimensionar un sistema fotovoltaico además de poder obtener una referencia para determinar si la inversión hecha es favorable o no. Los campos seleccionados se usaron como entrada para el módulo del software detallado en el ítem **Módulo #2: Módulo de información de consumo**

**Desarrollar de un algoritmo que pueda identificar de forma correcta con el mínimo error el consumo mensual a partir del gráfico de barras del recibo que provee el cliente.**

Se estableció un análisis de 48 recibos de consumo eléctrico, 24 de los cuales pertenecían a ENEL Distribución Perú y los otros 24 a Luz del Sur. Los 24 recibos pertenecían a 2 casas distintas, de modo que se tiene un recibo a lo largo de 12 meses de 2 casas distintas por proveedor de servicios eléctricos.

Las pruebas se realizaron haciendo uso de la hoja de datos que se presenta en el **ANEXO 2**, como se puede apreciar la tabla permite la comparación entre el valor que muestra el recibo a lo largo de 12 meses y el valor obtenido del software.

Se obtuvo error no pasa a ser mayor que un 6% lo cual se consideró aceptable según el experto. Sin embargo, en algunos casos se llegó a apreciar una gran desviación del error en algunos meses en comparación al resto. Después de observar físicamente el recibo y de evaluarlo varias veces en el software de prueba que se diseñó para mostrar los pasos del análisis de la imagen, se llegó a la conclusión de que una de las marcas de división horizontal de la gráfica estaba muy cerca a la barra de referencia, lo cual causaba que la altura de la barra del mes de referencia el software la detectara con un valor mayor al que le correspondía, generando un mayor porcentaje de error en el resto de las barras. El caso presentado se puede apreciar en la siguiente figura:

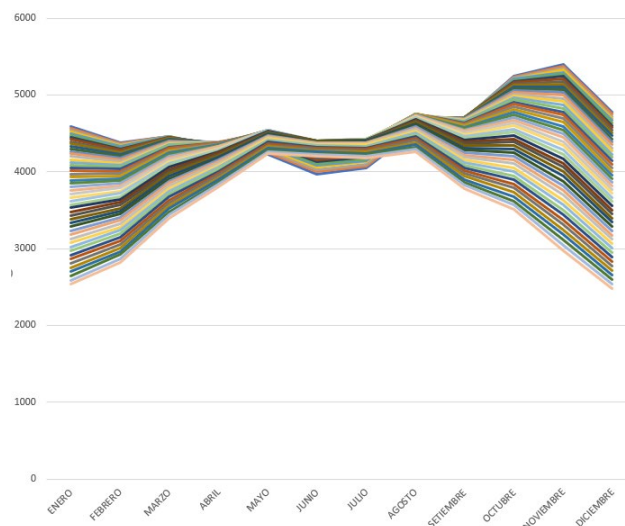


*Figura 15 Ejemplo de causa de variación de error en la gráfica del recibo de consumo energético del cliente*

Después de revisar el resto de las pruebas se concluyó que de la misma manera que ocurría con la barra del mes de referencia, también se presentaba en algunas barras de meses anteriores en otros recibos, sin embargo en este caso el error solo se manifestaba en esa barra obteniendo un único valor de porcentaje de error un tanto mayor al resto. Las pruebas realizadas demuestran que el error es aceptable, pero se recomienda tener precaución en estos casos.

**Desarrollar de un algoritmo que pueda obtener de forma correcta el ángulo óptimo y la irradiación para el cálculo de la potencia en paneles del sistema, de modo que se la producción energética del sistema se adecue al consumo mensual del cliente.**

Es conocido que la irradiación a lo largo del año toma una curva de forma senoidal, cuya cima y valle varían en los meses conforme se hace una variación del ángulo de inclinación. Esto se comprobó al realizar una gráfica obtenida de las irradiaciones la cual se muestra a continuación:



*Figura 16 Gráfico de líneas que muestra la variación mensual de la cima y valle conforme se cambia el ángulo de inclinación.*

Es por esto por lo que se desarrolló un algoritmo con un proceso iterativo, el cual consiste en:

1. Se calcula para el primer mes, la potencia en paneles necesaria para la irradiación de un ángulo en específico.
2. Con esa potencia se calcula la producción para el siguiente mes y se calcula la diferencia. Si la energía generada es menor que el consumo, se conserva el valor y se pasa al siguiente mes. Caso contrario se pasa al siguiente ángulo.
3. Si se llega al 12vo mes se suman las diferencias, y se compara con las otras sumatorias. Si esta sumatoria es menor se reemplaza, caso contrario se repite el proceso para el siguiente ángulo.

El proceso descrito anteriormente se puede resumir en la siguiente figura:

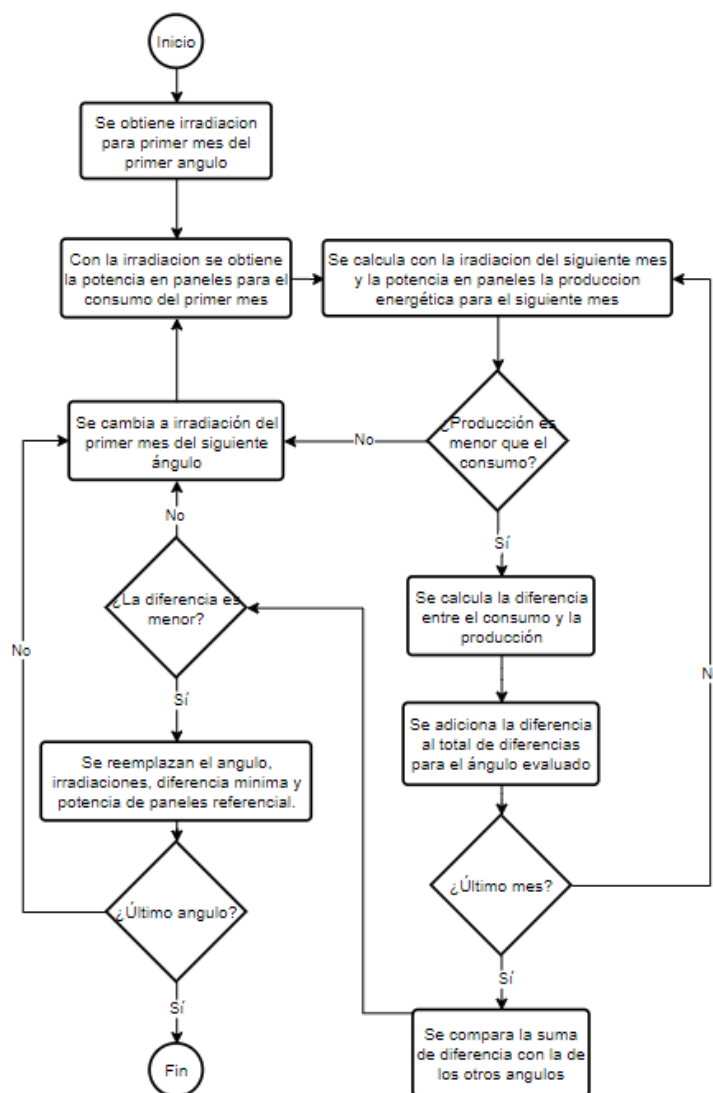


Figura 17 Diagrama de flujo de cálculo de irradiación para el consumo

Esto permitió obtener el ángulo de inclinación de cierta potencia en paneles de modo que la curva de irradiaciones, y como consecuencia la producción energética de paneles, a lo largo del año se asemeje al consumo energético del cliente.

**Desarrollar un algoritmo que procese la información del cliente y permita escoger automáticamente los componentes para múltiples alternativas de solución para su consumo energético.**

Gracias a la información obtenida desde el consumo es posible calcular el sistema acorde. El algoritmo de cálculo se diseñó siguió de acuerdo con las indicaciones del experto, los pasos de cálculo son los siguientes:

1. Se calcula primero el componente del inversor apropiado para el consumo.
2. Con las restricciones del tipo de inversor se calcula la cantidad de baterías necesaria.
3. Con las restricciones del tipo de inversor, se calcula la cantidad de paneles necesaria.

4. De ser necesario se calcula el componente de controlador adicional, junto con los paneles que debe manejar.
5. Con los componentes calculados se procede a calcular los dispositivos de protección.
6. Se calculan las estructuras necesarias.
7. Se calculan los gastos operativos para la instalación.

Los resultados se compararon en a la hoja de datos para 24 recibos de distintos clientes, esto debido a que este tipo de requerimiento suele tener un promedio de 2 clientes al mes. Si bien es cierto que en el ítem **4.2.2. Desarrollar de un algoritmo que pueda identificar de forma correcta con el mínimo error el consumo mensual a partir del gráfico de barras del recibo que provee el cliente** se indica que existe un error aceptable en las medidas, el sistema generado se dio por aceptado para el experto, esto debido a que se busca que la energía generada por el sistema sea alrededor del 50% de lo que consume el cliente. La verificación del resultado aceptable de este objetivo se verifica en la carta adjunta de la empresa en el **ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS.**

**Desarrollar un algoritmo que permita calcular el retorno de inversión de cada alternativa generada del dimensionamiento del sistema fotovoltaico del cliente, de modo que puedan obtenerse hasta 10 alternativas con mejor rentabilidad.**

Para esto junto con el experto se analizó las fórmulas de LCOE y LCOES y se determinó una fórmula que combine estos valores la cual se presenta a continuación:

$$(LCOE - LCOES) = \frac{Capital + \sum \frac{O\&M_t(1+i)^t}{(1+r)^t}}{\frac{MWh_t(1-e)^t}{(1+r)^t}}$$

Donde:

*Capital* = Capital inicial.

*O&M<sub>t</sub>* = Costos de operación y mantenimiento.

*r* = Tasa de descuento (Se recomienda usar 8%).

*e* = Degradación de los equipos de generación y almacenamiento de energía.

*i* = Tasa de inflación.

La fórmula fue utilizada en el algoritmo de cálculo de retorno de inversión en el software, permitiendo obtener como máximo un total de 10 sistemas de los cuales 5 son híbridos y 5 son on-grid.

Además se verificó que el valor de (LCOE – LCOES) es cercano al costo del recibo.

**Generar un reporte que incluya una cotización con detalle y el retorno de inversión para cada una de las alternativas propuestas.**

El cumplimiento de este objetivo se demuestra con el PDF aceptado por el experto. La verificación del resultado aceptable de este objetivo se verifica en la carta adjunta de la empresa en el **ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS**. Y su desarrollo se expuso previamente en el **Fase #4: Desarrollo de la estructura del reporte**.

El desarrollo del software para el cual es el principal objetivo de la presente tesis buscó apoyar al proceso de dimensionado de sistemas fotovoltaicos (en adelante sistemas FV) de la empresa Leaf Energy SAC, cuyo principal problema era el tiempo que tomaba realizar este cálculo además que no se le presentaban alternativas que el cliente pueda seleccionar la más conveniente y al igual que la mayoría de empresas, solo presentaban una lista de equipos con su costo respectivo, cuando al cliente lo que más le interesa es como puede evaluar el retorno de inversión, además de los costos de instalación y en casos más formales los dispositivos de protección eléctrica de su sistema. Si bien es cierto que la empresa se dedica también al diseño de sistemas FV autónomos, no se tomó estos dentro del alcance de la presente tesis debido a que son sistemas muy simples de dimensionar, además que muy pocas veces los sistemas autónomos se utilizan cuando el cliente tiene acceso a la red eléctrica pues no suelen generar un buen retorno de inversión al ser usados de esta forma. Es por esto por lo que únicamente se seleccionaron los sistemas híbridos y on-grid que son los que suelen usarse en ciudades.

La complejidad en los recibos de consumo eléctrico radicaba únicamente en poder calcular el consumo energético anual de cliente, información presentada en forma de grafico de barras con la única información precisa del consumo era la del mes al que pertenecía el recibo. La práctica común era haciendo uso de una regla para medir las alturas de las columnas del gráfico y calcular empleando una regla de tres simple, esto evidentemente tomaba un tiempo en el cual no se podría atender a otro cliente y debido a la demora, el cliente que envió el recibo solía perder el interés.

Es por esto que lo primero que se buscó solucionar era esa demora en la obtención de los consumos mensuales de la gráfica, teniendo conocimiento que podría usarse la visión por computador para la solución del problema se pensó en un principio utilizar netamente el software para obtener la gráfica ya información pertinente del recibo, sin embargo, esto implicaría realizar un estudio aparte tal cual se hizo en [6] en el cual se buscaba identificar y leer la información de múltiples tipos de gráficos, en nuestro caso también se tendría que identificar texto para lo cual también es un conjunto de pruebas adicionales con una búsqueda de base de datos extensa, además que un software de tal complejidad implicaría un uso mayor de recursos del ordenador, y posiblemente un tiempo de espera mayor de resultados. Para simplificar esta tarea, se concluyó que la solución más eficiente era usar ayuda humana en la identificación de la gráfica e información en texto, el cual no es complicado identificar para el ojo humano, y dejar el cálculo de las alturas de las barras netamente al software.

El segundo problema fue demostrar que se podía calcular un sistema fotovoltaico a partir del recibo de consumo eléctrico, esto debido a que no se tiene información tan precisa sobre las horas de uso de aparatos (es una práctica común calcular el consumo del

cliente a partir de las horas de uso de los aparatos eléctricos a lo largo del día) por lo que después de una investigación minuciosa en trabajo de ingeniería mecánica eléctrica, se encontró con los antecedentes [7] y [8] en uno de los cuales se realiza directamente el cálculo a partir de la información mensual de consumo, y en el segundo a falta de información precisa se utiliza de igual forma el consumo mensual.

El siguiente punto fue como adecuar el resultado a la realidad nacional, pues la tecnología con la que se cuenta en el país no permite calcular de la misma forma la eficiencia de un sistema fotovoltaico tal cual se realizaría en otros países debido a que en los mismos se permite la inyección de energía producida en el hogar por un sistema FV a la red eléctrica. Entonces se decidió junto con el experto realizar el cálculo para únicamente el 50% del consumo del cliente, generando de igual forma un ahorro pues parte del consumo eléctrico que va a ser generado por el sistema ya no se estaría pagando al proveedor de servicios eléctricos.

El desarrollo del algoritmo de dimensionado fue sencillo gracias a que la misma empresa ya tenía bien establecido un método de cálculo que podría convertirse fácilmente a lenguaje de computador. Sin embargo, la empresa no realizaba ningún tipo de cálculo de retorno de inversión, a lo cual el experto sugirió hacer uso de lo que se conoce como LCOE y LCOES que se mencionan en [15] y [16] respectivamente. Ello permitía hacer un cálculo de cómo es el costo unitario de energía del sistema a lo largo de su vida útil, permitiendo la comparación con el valor del costo unitario de energía que muestra el recibo. Lo cual permitió diseñar el algoritmo que permite la comparación entre múltiples sistemas FV permitiendo escoger los 10 sistemas más rentables, 5 híbridos y 5 on-grid logrando el otro de los objetivos específicos de la presente tesis.

El diseño del reporte-cotización que debía generar el software debería ser un PDF, formato que actualmente usa la empresa realizar el envío de cotizaciones e información adicional. Para esto se escogió el generador JasperSoft que presenta gran compatibilidad con lenguaje Java. Se decidió que el diseño estaría dividido en 3 partes, la primera mostraba información del cliente, que permitía identificarlo, además de información de la empresa y cotización (como fecha de vigencia de cotización, fecha de generación, RUC, número de cotización, etc.), la siguiente parte era netamente un listado de componentes con su respectiva cantidad descripción y precio lo cual se consideraría la cotización en sí, y por último se presentaría los cálculos de generación del sistema a lo largo de su vida útil junto con el valor de LCOE – LCOES en unidades  $(S)/(kW-h)$ .

## **Conclusiones**

El diseño del formulario con los campos necesario para el dimensionado de un sistema fotovoltaico requirió no solo los campos que se mostraban a simple vista en el formulario, sino además requirió información que no estaba presente en el mismo, lo que implicó un diseño de un algoritmo que se ejecute luego de confirmar el guardado de la información.

El cálculo de una gráfica mediante visión artificial empieza por determinar el tipo de gráfico y trabajar conforme al tipo descubierto En la tesis sólo se trabajó con gráficos de barras con las características barras rectangulares, una por dato, fácilmente detectables por un algoritmo sencillo que permitió tener un bajo margen de error en el cálculo del consumo mensual.

Debido a que se toma como base de cálculo el 50% del consumo del cliente en el recibo, el margen de error de la detección de información en la gráfica no generó inconsistencias en el dimensionado del sistema acorde, pues debido a que la tecnología usada a nivel nacional no permite la inyección de energía eléctrica a la red se buscó que la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico sea menor que la energía eléctrica consumida por el cliente.

El uso del LCOE y LCOES permitió establecer un método de comparación confiable para determinar el retorno de inversión del sistema fotovoltaico dimensionado. Fue gracias a su uso que se pudo diseñar de manera sencilla el algoritmo de comparación entre retornos de inversión de las alternativas de sistemas fotovoltaicos calculados.

El reporte generado fue aceptado exitosamente por el experto de la empresa donde se implementó el sistema. Esto debido a que se logró mostrar de manera concisa toda la información necesaria sobre el cliente, la cotización y la evaluación del retorno de inversión del sistema.

### **Recomendaciones**

Se recomienda que la foto del recibo usada para determinar el consumo del cliente sea tomada de un recibo sin más de 4 dobleces y que no esté roto en sus esquinas o bordes. Además se recomienda que se utilice un fondo donde se pueda apreciar la diferencia entre este y la hoja del recibo (que suele ser de color blanco)

La base de datos de irradiaciones que se obtuvo de [18] aún se encuentra disponible en línea y no tiene restricciones para que se realicen solicitudes HTTP GET y POST, por lo que se podría construir un algoritmo que extraiga directamente esta información de la página web, de este modo lograr actualizar la base de datos de forma periódica o en todo caso usar la página como base de datos principal y una base de datos local a modo de respaldo.

La función principal del software desarrollado es la de dimensionado de sistemas fotovoltaicos, más no de compra y venta, sin embargo, los campos necesarios para la implementación de estas funciones ya se encuentran incluidos en las entidades correspondientes en la base de datos por lo que es posible desarrollar e integrar estas funciones al software.

Se recomienda la implementación de algoritmos más precisos para determinar el coste de estructuras y gastos operativos. La base de datos ya cuenta con información sobre dimensiones y peso de componentes por lo que es posible su implementación en un futuro.

Se recomienda, como desarrollo de proyecto complementario para un uso más preciso del software, buscar una colaboración con Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú de modo que se pueda desarrollar un modo más sencillo de obtención de temperaturas e irradiación de los distintos departamentos, provincias y distritos del país.

## Referencias

- [1] Universidad Estatal de Nueva York, “Solar Energy Basics,” *Energy for a Sustainable World*. <https://www.coursera.org/learn/solar-energy-basics> (accessed May 21, 2020).
- [2] A. Castejón Oliva and Germán Santamaría Herranz, *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Spain, 2010.
- [3] Energía VM, “¿Cómo funciona la energía solar híbrida? - Energía,” *Energía VM*, 2020. <https://www.energyavm.es/como-funciona-la-energia-solar-hibrida/> (accessed May 20, 2020).
- [4] Energía VM, “¿Qué es la generación distribuida y cómo de importante puede llegar a ser? - Energía,” *Energía VM*, 2020. <https://www.energyavm.es/que-es-la-generacion-distribuida-y-como-de-importante-puede-llegar-a-ser/> (accessed May 21, 2020).
- [5] Endesa, “La generación distribuida: Características y microgeneración.” Endesa, p. 1, 2020. Accessed: May 21, 2020. [Online]. Available: <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-generacion-distribuida>
- [6] L. Zevallos, “La generación distribuida para autoconsumismo en el Perú,” *Sector Electricidad*, 2018. <http://www.sectorelectricidad.com/21134/la-generacion-distribuida-para-autoconsumo-en-el-peru/> (accessed May 23, 2020).
- [7] A. Balaji, T. Ramanathan, and V. Sonathi, “Chart-text: A fully automated chart image descriptor,” *arXiv*, p. 12, Dec. 2018, Accessed: May 21, 2020. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1812.10636>
- [8] L. G. Fernández García and A. Cervantes Torres, “Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira,” Tesis que como requisito para obtener el grado de Maestro en Energías Renovables, Centro de investigación en materiales avanzados, S.C., Altamira, Tam., 2017. [Online]. Available: <http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/1927>
- [9] I. M. Ostos Rojas, C. A. Collazos Morales, H. E. Castellanos Acuña, and C. P. Fernández Arévalo, “Sistema híbrido fotovoltaico (FV) con interacción a la red para zonas rurales de Colombia,” *Rev. Investig. Agrar. y Ambient.*, vol. 8, no. 1, pp. 169–182, Jun. 2017, doi: 10.22490/21456453.1847.
- [10] S. M. Gomez Socola, “Estudio de un sistema fotovoltaico: Caracterización,

- Simulación y Evaluación de diversos métodos de Análisis y Predicción,” Tesis para optar el título de licenciado en física, Facultad de ciencias e ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 2019. Accessed: May 21, 2020. [Online]. Available: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6097/ACOSTA\\_CARLOS\\_DISEÑO\\_MAQUINA\\_REBANADORA.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6097/ACOSTA_CARLOS_DISEÑO_MAQUINA_REBANADORA.pdf?sequence=1)
- [11] R. M. Juarez Rivera, “Diseño y Evaluación de un Sistema de Energía Distribuida para Módulos de 3 Kw Alimentado con Energía Solar Aplicado,” Tesis presentada por bachiller, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru, 2018. Accessed: May 21, 2020. [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8404>
- [12] P. F. Mesones, “Dimensionamiento Y Selección De Un Sistema Solar Fotovoltaico De Conexión a Red Para El Restaurante ‘El Zarco’ Ubicado En La Ciudad De Cajamarca,” Tesis para optar por el título profesional de ingeniero mecánico electricista, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2019. Accessed: May 21, 2020. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4310>
- [13] J. C. Cieza Coronado, “Dimensionamiento De Un Sistema Fotovoltaico Para Las Instalaciones Eléctricas De Alumbrado En El Hostal Lancelot Ubicado En Chiclayo - Chiclayo - Lambayeque,” Tesis para optar por el título profesional de ingeniero mecánico electricista, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2017. Accessed: May 21, 2020. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/document/400219384/BC-TES-TMP-765-pdf>
- [14] D. E. Swayne Vasquez, “Propuesta De Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para Reducir El Consumo Electrico Del Laboratorio De Electronica En I.E. Pedro Abel Labarthe Durand, Chiclayo, 2017,” Tesis para obtener el título profesional de ingeniero mecánico electricista, Escuela académico profesional de ingeniería mecánica eléctrica, Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú, 2017. Accessed: May 21, 2021. [Online]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32425>
- [15] H. Sanchez Carlessi and C. Reyes Meza, *Metodología y Diseños en la Investigación Científica*, 5th ed. UNIVERSIDAD RICARDO PALMA, 2015.
- [16] H. De Barrera, *Metodología de la Investigación: Guía Para la Comprensión*

- Holística de la Ciencia*, 4ta Edició. Caracas: Quirón Ediciones, 2010.
- [17] A. Rosebrock, “4 Point OpenCV getPerspective Transform Example - PyImageSearch,” 2014. <https://www.pyimagesearch.com/2014/08/25/4-point-opencv-getperspective-transform-example/> (accessed Apr. 13, 2020).
- [18] Global Solar Atlas, “Global Solar Atlas,” *Global Solar Atlas*. <https://globalsolaratlas.info/map> (accessed May 24, 2020).
- [19] S. E. Fick and R. J. Hijmans, “WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas,” *International Journal of Climatology*, Oct. 01, 2017. <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html> (accessed May 24, 2020).

## Anexos

**ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS**

Lima, 21 de mayo 2021

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE PRODUCTO ACREDITABLE**

Por medio de la presente certificamos la aprobación de la aplicación de escritorio presentada por el Sr. **MAX PIERRE TRESIERRA COLLAZOS** como producto acreditable de su trabajo de investigación de fin de grado, cumpliendo con los requisitos establecidos y objetivos planteados por este.

Se expide la presente constancia a petición del interesado para los fines que crea conveniente.

Atentamente,

**LEAF ENERGY SAC**SANDRO SALAZAR CABEZAS  
Gerente General**Dirección**Jirón Carlos Alayza y Rael  
2088 - Oficina 101 - Lince,  
Lima**Contacto**9240-82570  
[01] 621-7943**Web**[www.panelessolares.pe](http://www.panelessolares.pe)



**Hoja de datos utilizada para el análisis de la obtención del dimensionado a partir del consumo del cliente**

MES	CONSUMO
MES 1	
MES 2	
MES 3	
MES 4	
MES 5	
MES 6	
MES 7	
MES 8	
MES 9	
MES 10	
MES 11	
MES 12	

MES	IRADIACION
MES 1	
MES 2	
MES 3	
MES 4	
MES 5	
MES 6	
MES 7	
MES 8	
MES 9	
MES 10	
MES 11	
MES 12	

ÁNGULO
OBSERVACIONES

DIMENSIONADO	DESCRIPCION	CANTIDAD	OBSERVACIONES
PANEL			
INVERSOR			
BATERIA			
CONTROLADOR			
PANEL DE CONTROLADOR			

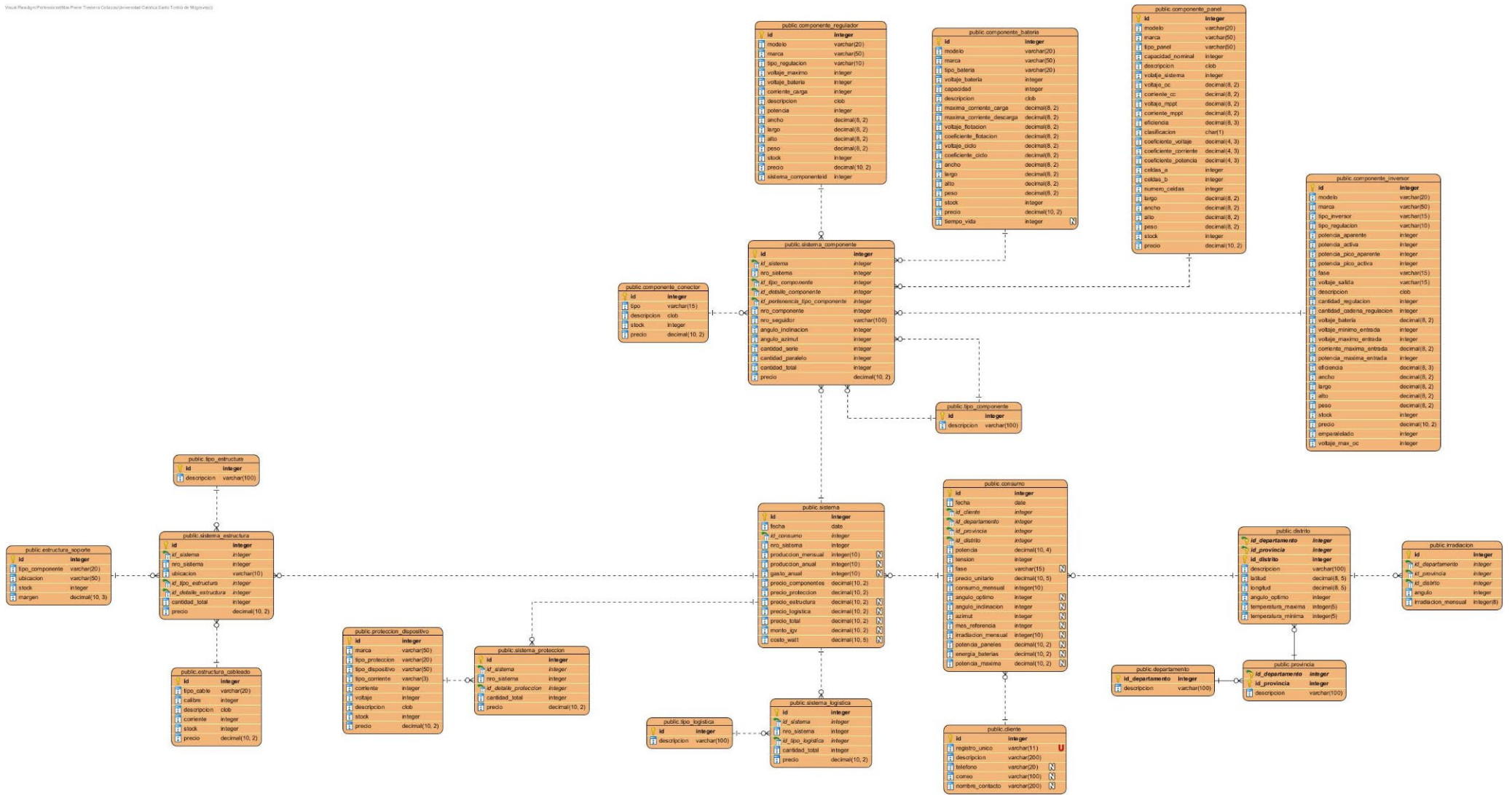
PROTECCION	DESCRIPCION	CANTIDAD	OBSERVACIONES

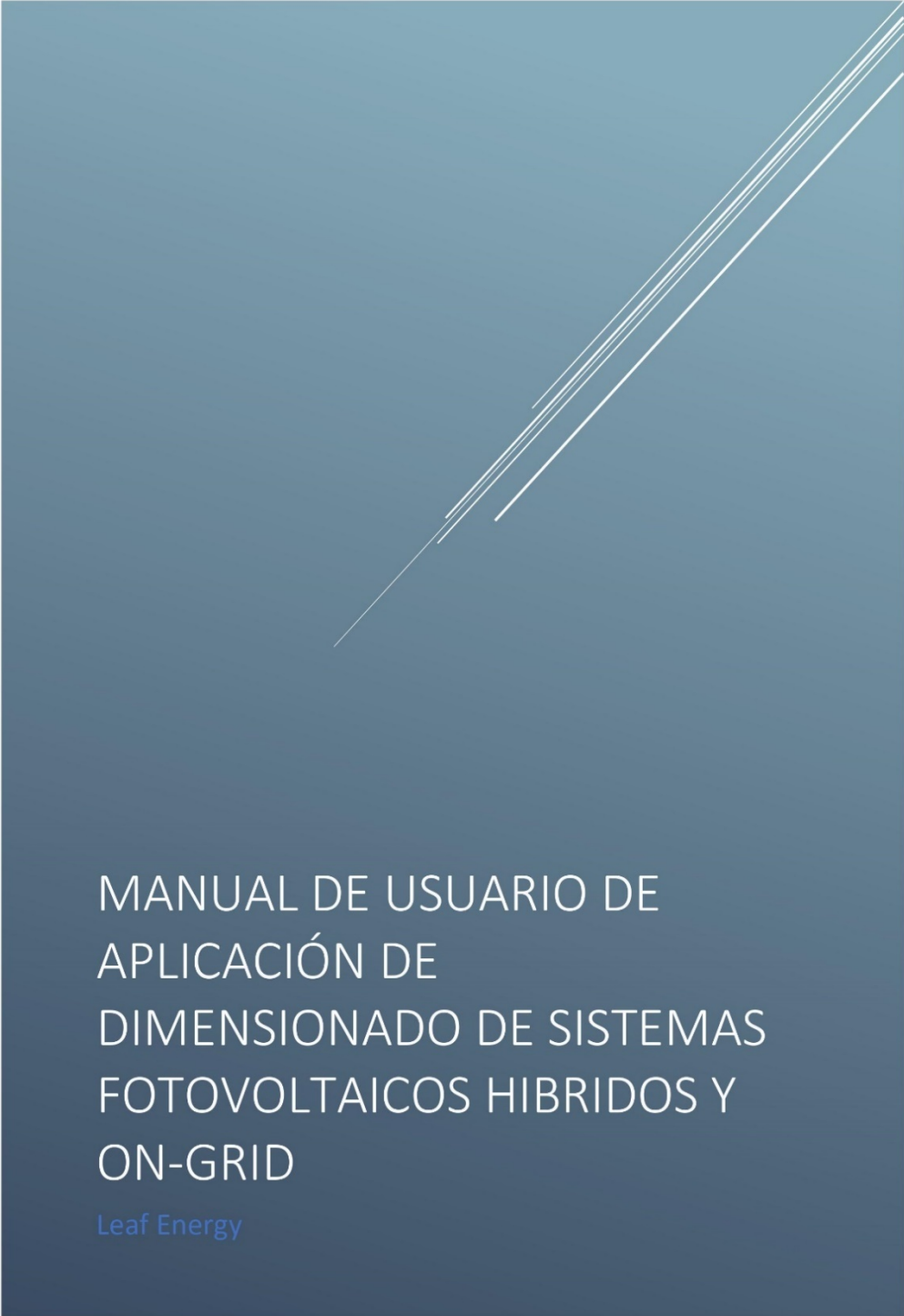
ESTRUCTURA	DESCRIPCION	CANTIDAD	OBSERVACIONES

LOGISTICA	DESCRIPCION	CANTIDAD	OBSERVACIONES
MANO DE OBRA			
TRANSP. PERSONAL			
VIATICOS			
TRANSP. MATERIAL			

# ANEXO N° 03. DIAGRAMA ERD INTEGRADO DEL SOFTWARE

Visual Paradigm/Paradiso/Modelo Puro/Teoría/Objetos/Ingeniería/Carretera/Estado/Tabla de Migración/...



**ANEXO N° 04 MANUAL DE USUARIO**

MANUAL DE USUARIO DE  
APLICACIÓN DE  
DIMENSIONADO DE SISTEMAS  
FOTOVOLTAICOS HIBRIDOS Y  
ON-GRID

Leaf Energy

## CONTENIDO

1	REQUERIMIENTOS .....	1
1.1	Requerimientos mínimos para el uso del software .....	1
1.2	Requerimientos óptimos para el uso del software .....	1
2	PANTALLA PRINCIPAL .....	1
3	GESTIÓN DE CLIENTES .....	2
4	GESTION DE CONSUMOS .....	3
5	GESTIÓN DE SISTEMAS (DIMENSIONADO).....	7

## 1 REQUERIMIENTOS

### 1.1 Requerimientos mínimos para el uso del software

- Computadora Windows 7, Linux Ubuntu 17.0
- Procesador Core i3
- RAM 4 GB
- 500 Gb Disco duro

### 1.2 Requerimientos óptimos para el uso del software

- Computadora Windows 10, Linux Ubuntu 20
- Procesador Core i5
- RAM 8 GB
- 1 Tb Disco duro

## 2 PANTALLA PRINCIPAL

Es un formulario desde el cual el usuario podría acceder a todas las opciones del software. Los menús desplegables que presenta son:

- Cliente: Desde el cual se puede acceder a la opción para gestionar los clientes.
- Consumo: Desde el cual se puede acceder a la opción para la gestión de los consumos.
- Sistema: Desde el cual se puede acceder a la opción de gestión de sistemas, conocido también como el dimensionado de sistemas.
- Reportes: Desde el cual se puede seleccionar los consumos que tienen sistemas asignados y generar un reporte del consumo del cliente.

El formulario es el siguiente:

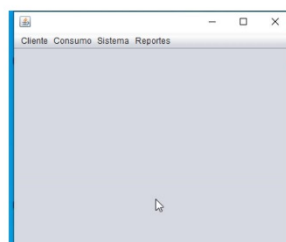


Figura 1 Formulario de pantalla principal (tamaño reducido)

### 3 GESTIÓN DE CLIENTES



Figura 2 Acceso a la gestión de clientes

Al momento de entrar al menú de “Clientes” y hacer clic en “Gestionar Clientes” se muestra un formulario como el siguiente:

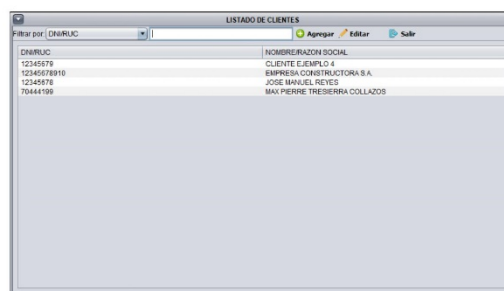


Figura 3 Formulario listado de clientes

Desde el cual el usuario puede ver un listado de todos los clientes registrados, filtrar de acuerdo con el campo seleccionado y crear (**+ Agregar**) o seleccionar (para seleccionar un registro basta con hacer clic en una fila de la tabla) para modificar (**✎ Editar**) un cliente. Al hacer clic en cualquiera de las 2 opciones mencionada aparece un formulario como el siguiente:

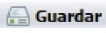
 A screenshot of a web application window titled 'AGREGAR NUEVO CLIENTE'. It contains the following input fields:
 

- DNI/RUC: [input field]
- NOMBRE COMPLETO / RAZÓN SOCIAL: [input field]
- NOMBRE DE CONTACTO: [input field]
- TELÉFONO: [input field]
- CORREO: [input field]

 At the bottom, there are two buttons: 'Guardar' and 'Salir'.

Figura 4 Formulario gestión de clientes

Desde el cual el usuario podrá introducir y guardar la nueva información del cliente o visualizar y modificar la información del cliente seleccionado desde el formulario de listado de clientes.

Para guardar basta con ingresar la información necesaria o modificar la ya existente y hacer clic en guardar (  ) tras lo cual se cerrará el formulario de gestión de cliente.

#### 4 GESTIÓN DE CONSUMOS

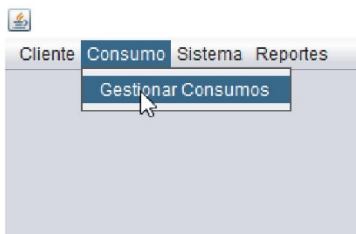
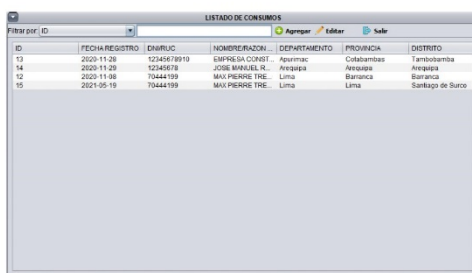


Figura 5 Acceso a la gestión de los consumos



Al momento de entrar al menú de “Consumo” y hacer clic en “Gestionar Consumos” se muestra un formulario como el siguiente:



The screenshot shows a window titled 'LISTADO DE CONSUMOS'. At the top right, there are buttons for 'Agregar', 'Editar', and 'Salir'. Below the buttons is a table with the following data:

ID	FECHA REGISTRO	DNI/RUC	NOMBRERAZON	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
13	2020-11-26	12345678910	SERGEJA CORSET	Arequipa	Catalanville	Tamboraesmal
14	2020-11-29	12345678	JOSE MANUEL R.	Arequipa	Arequipa	Arequipa
12	2020-11-08	70444199	MAX PIERRE IRE.	Lima	Barranca	Barranca
15	2021-05-19	70444199	MAX PIERRE IRE.	Lima	Lima	Santiago de Surco

Figura 6 Formulario de listado de consumos

Desde el cual el usuario puede ver un listado de todos los consumos registrados asociados a un cliente, filtrar de acuerdo con el campo seleccionado y crear (  ) o seleccionar (para seleccionar un registro basta con hacer clic en una fila de la tabla) para modificar (  ) un consumo. Al hacer clic en cualquiera de las 2 opciones mencionada aparece un formulario como el siguiente:

INGREGAR NUEVO CONSUMO

CLIENTE:

UBICACION:  
 Departamento: Amazonas Provincia: Bagua Distrito: Aramango

DATOS DEL SUMINISTRO:  
 Potencia:  KW Tensión: 220 Voltios Fase: MONOFASICO

Mes	Consumo (kWh)
Enero	160
Febrero	250
Marzo	225
Abril	250
Mayo	180
Junio	140
Julio	120
Agosto	195
Setiembre	190
Octubre	160
Noviembre	165
Diciembre	170

Costo Unitario:  (S)/KW

Figura 7 Formulario de gestión de consumo

Desde el cual el usuario podrá introducir y guardar la nueva información del consumo o visualizar y modificar la información del consumo seleccionado desde el formulario de listado de consumos.

Lo primero es escoger al cliente del cual se está generando el consumo para lo cual se hace clic en el botón de buscar cliente (), al principio del formulario. Se mostrará un cuadro de dialogo con un listado de todos los clientes, el cual se muestra a continuación:

BUSCAR CLIENTE

Filtrar por: NOMBRE/RAZON SOCIAL

DNI/RUC	NOMBRE/RAZON SOCIAL
12345679	CLIENTE EJEMPLO 4
12345678910	EMPRESA CONSTRUCTORA S.A.
12345678	JOSE MANUEL REYES
70444199	MAX PIERRE TRESIERRA COLLAZOS

Figura 8 Formulario de búsqueda de cliente

Para escoger un cliente, basta con seleccionar un cliente en la tabla (para seleccionar un registro basta con hacer clic en una fila de la tabla) y se hace un clic en el botón seleccionar () , tras lo cual el cuadro de diálogo de buscar cliente se cerrará y la información del cliente aparecerá en el formulario de gestión de consumos.

La selección del departamento, provincia y distrito de la lista desplegable muestra opciones automáticas conforme se escogen las opciones.

Para la generación del consumo mensual se tienen 2 alternativas:

- Se introduce el consumo manualmente en la tabla que muestra el formulario.

Mes	Consumo (kWh)
Enero	160
Febrero	250
Marzo	225
Abril	250
Mayo	180
Junio	140
Julio	120
Agosto	195
Setiembre	190
Octubre	160
Noviembre	165
Diciembre	170

Figura 9 Tabla de ingreso manual de consumos

- Se hace clic en el botón de ingresar tabla (**Ingresar Tabla**) en el formulario, lo cual abre un cuadro de dialogo como se muestra a continuación

Figura 10 Formulario de selección de ingreso de datos de consumo

Desde el formulario de ingreso de datos de consumo se pueden seleccionar la gráfica de un recibo de consumo eléctrico y llenar los datos referenciales del mismo para el cálculo automático del consumo anual del cliente. Primero se debe seleccionar el archivo (**Abrir Imagen**) de la imagen del recibo y al momento de que el recibo aparezca en el formulario se procede a seleccionar, con un clic y arrastrando el puntero, la gráfica en la imagen del recibo.

Figura 11 Recibo mostrado en formulario y selección de grafica (recuadro verde)

Se selecciona el mes de referencia y se escribe el consumo, que puede ser:

- Por diferencia: en caso en el recibo se muestre la lectura anterior y la lectura actual.
- Introducción directa: Se introduce el consumo del mes que indica en el recibo.

Con los datos colocados para cerrar la ventana de la imagen y generar la tabla de forma automática basta con hacer clic en guardar ( **Guardar** ).

Para terminar la operación y guardar la nueva información o modificaciones realizadas, se hace clic en el botón de guardar ( **Guardar** ) tras lo cual se cerrará el formulario de gestión de consumo.

## 5 GESTIÓN DE SISTEMAS (DIMENSIONADO)



Figura 12 Acceso a la gestión de los consumos



Al momento de entrar al menú de “Sistema” y hacer clic en “Gestionar Sistemas” se muestra un formulario como el siguiente:

 A screenshot of a web application window titled "LISTADO DE CONSUMOS CON SISTEMA". The window contains a table with the following data:
 

ID CONSUMO	FECHA REGISTRO	DNI/RUC	NOMBRE/RAZON	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
12	2020-11-29	70444199	MAX PIERRE TRE...	Lima	Surco	Surco
14	2020-11-29	12345678	JOSE MANUEL R...	Arequipa	Arequipa	Arequipa
15	2021-05-19	70444199	MAX PIERRE TRE...	Lima	Lima	Santiago de Surco

 Above the table, there are buttons for 'Agregar', 'Editar', 'Eliminar', and 'Salir'. A search filter is visible at the top left of the table area.

Figura 13 Formulario de búsqueda de cliente

Desde el cual el usuario puede ver un listado de todos los consumos registrados asociados a un cliente, filtrar de acuerdo con el campo seleccionado y crear (  **Agregar** ) o seleccionar (para seleccionar un registro basta con hacer clic en una fila de la tabla) para modificar (  **Editar** ) un consumo. Al hacer clic en cualquiera de las 2 opciones mencionada aparece un formulario como el siguiente:





Una vez escogido el consumo si se cree necesario se recalculan las irradiaciones modificando los datos de los ángulos **Angulo Inclinación:**  ° **Angulo Azimut:**  ° y haciendo clic en corregir ángulo (**Corregir Angulo**).

Para dimensionar (o redimensionar en caso de una modificación de información) después de realizar los pasos previos se hace clic en dimensionar (**Dimensionar**) y se revisa los sistemas dimensionados seleccionando los sistemas de la lista desplegable que se aprecia en la **Figura 15**, la lista desplegable muestra como máximo 5 sistemas Híbridos y 5 sistemas On-Grid para un máximo de 10 sistemas por consumo con el menor LCOE-LCOES, se escoge si la instalación es interior o exterior en la lista desplegable de la **Figura16**.

Para terminar la operación y guardar la nueva información o modificaciones realizadas, se hace clic en el botón de guardar (**Guardar**) tras lo cual se cerrará el formulario de gestión de sistemas.

## 6 GENERACIÓN DE REPORTE



Figura 18 Acceso a la gestión de los consumos

Al momento de entrar al menú de “Reportes” y hacer clic en “Cotización” se muestra un formulario como el siguiente:

ID CONSUMO	FECHA REGIST.	DN/RUC	HOMBRE/RAZO	DEPARTAMEN.	PROVINCIA	DISTRITO	CANTIDAD
12	2020-11-25	70444199	MAX PIERRE T.	Lima	Barranca	Barranca	10
14	2020-11-29	12345678	JOSE MANUEL	Arequipa	Arequipa	Arequipa	5
15	2021-05-19	70444199	MAX PIERRE T.	Lima	Lima	Santiago de Su...	10

Figura 19 Formulario de listado de sistemas

El formulario muestra lista de consumos registrados que cuentan con un sistema asociado. Para escoger un consumo, basta con seleccionar un consumo en la tabla (para seleccionar un registro basta con hacer clic en una fila de la tabla) y se hace un clic en el botón seleccionar ( **✓ Seleccionar** ), tras lo cual se mostrará un formulario como el siguiente.

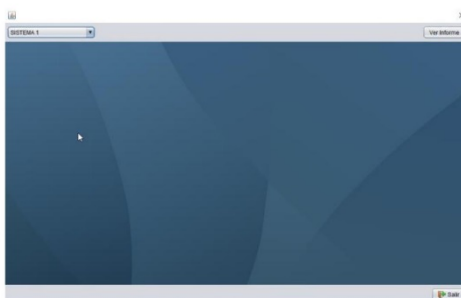


Figura 20 Formulario de selección de sistema para reporte

El formulario de selección de para reporte muestra una ventana con una lista desplegable con los sistemas dimensionados previamente en a la gestión de sistemas, como se había mencionado se calculan hasta 10 sistemas. Para ver el reporte del sistema se hace clic en el botón de ver informe ( **Ver Informe** ). Al seleccionar el sistema respectivo se genera un PDF que puede ser descargado para poder ser enviado al cliente.

Nro MES	CONSUMO (kWh)
1	150.0
2	256.0
3	225.0
4	247.0
5	193.0
6	153.0
7	142.0
8	196.0
9	189.0
10	157.0
11	159.0
12	163.0

**ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE CLIENTE**

DEPARTAMENTO: Lima  
 PROVINCIA: Barranca  
 DISTRITO: Barranca

Voltage salida: 220 V  
 Fase: MONOFASICO  
 Costo Watt: 0.533 (\$/KWh)

**ANÁLISIS FOTOVOLTAICO DE LA UBICACIÓN**

Nro MES    IRRADIACIÓN (Wh/m<sup>2</sup>)

Figura 21 Formulario con el reporte generado

El formulario muestra lista de consumos registrados que cuentan con un sistema asociado. Para escoger un consumo, basta con seleccionar un consumo en la tabla (para seleccionar un registro basta con hacer clic en una fila de la tabla) y se hace un clic en el botón seleccionar ( **✓ Seleccionar** ), tras lo cual se mostrará un formulario como el siguiente.

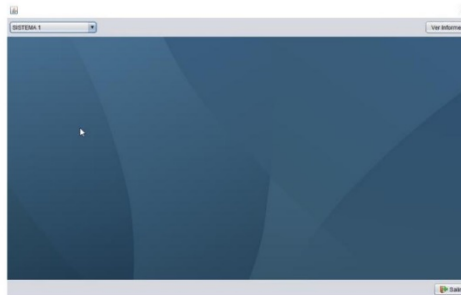


Figura 20 Formulario de selección de sistema para reporte

El formulario de selección de para reporte muestra una ventana con una lista desplegable con los sistemas dimensionados previamente en a la gestión de sistemas, como se había mencionado se calculan hasta 10 sistemas. Para ver el reporte del sistema se hace clic en el botón de ver informe ( **Ver Informe** ). Al seleccionar el sistema respectivo se genera un PDF que puede ser descargado para poder ser enviado al cliente.

Nro MES	CONSUMO (kWh)
1	150.0
2	256.0
3	225.0
4	247.0
5	193.0
6	153.0
7	142.0
8	196.0
9	189.0
10	157.0
11	159.0
12	163.0

**ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE CLIENTE**

DEPARTAMENTO: Lima  
 PROVINCIA: Barranca  
 DISTRITO: Barranca

Voltage salida: 220 V  
 Fase: MONOFASICO  
 Costo Watt: 0.533 (\$/KWh)

**ANÁLISIS FOTOVOLTAICO DE LA UBICACIÓN**

Nro MES    IRRADIACIÓN (Wh/m<sup>2</sup>)

Figura 21 Formulario con el reporte generado