

**Propuesta al problema de dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos de bajo
consumo.**

Wilson Javier Osorio Guevara

Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD
Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI
Ingeniería de Sistemas
Julio 2021

“Nunca consideres al estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello mundo del saber”

Albert Einstein (1879-1955)

Resumen

Este trabajo tiene como finalidad presentar una propuesta de desarrollo tecnológico y alternativas de solución; producto de un diagnóstico social realizado en el municipio de Caparrapí Cundinamarca relacionado con la viabilidad, uso y aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica a nivel residencial. Este trabajo pretende demostrar, como el aprovechamiento de la energía solar puede ser una excelente alternativa para proveer energía limpia, eficiente y amigable con el medio ambiente, generando ahorro en costos económicos y creando independencia de la energía convencional. Mediante los conocimientos y capacidades adquiridas a través de la ingeniería de Sistemas, se desarrolla un Software para el dimensionamiento de sistemas solares, aproximando el costo del proyecto final de una manera automática, ágil y acertada. Este software es diseñado para dar soporte a proyectos de energía solar de bajo consumo.

Palabras Clave: Software, Dimensionamiento, Soporte, Energía.

Abstract

The purpose of this work is to present a proposal for technological development and alternative solutions; product of a social diagnosis carried out in the municipality of Caparrapí Cundinamarca related to the viability, use and exploitation of photovoltaic solar energy at the residential level. This work aims to demonstrate how the use of solar energy can be an excellent alternative to provide clean, efficient and environmentally friendly energy, generating savings in economic costs and creating independence from conventional energy. Through the knowledge and skills acquired through Systems engineering, a Software is developed for the sizing of solar systems, approximating the cost of the final project in an automatic, agile and accurate way. This software is designed to support to low consumption solar energy projects.

Key Words: Software, Sizing, Support, Energy

Tabla de contenido

Introducción.	7
El problema.	8
1.1 Planteamiento del Problema.	8
1.2 Formulación del Problema.	9
1.3 Objetivos.	10
1.3.1 General.	10
1.3.2 Específicos.	10
1.4 Justificación.	11
1.5 Limitaciones.	12
Marco teórico.	14
2.1. Ingeniería del Software.	14
2.3. Software de Aplicación.	21
2.4 Modelos del Ciclo de Vida del Software.	22
2.5. Procesos de Desarrollo de Software.	22
Diagnóstico.	23
3.1. Tamaño promedio de las familias.	23
Estudio técnico.	24
4.1. Consumo energético de una familia promedio.	24
4.2. Dimensionamiento y costos del sistema solar.	25
4.3. Sistema solar vs sistema convencional.	29
Modelo informático.	31
Conclusiones.	34
Bibliografía.	35

Lista de Tablas

Tabla 1. Composición del tamaño promedio de las familias de Caparrapi Cundinamarca.	23
Tabla 2. Demanda energética del sistema.	25
Tabla 3. Horas Sol Pico y Radiación Solar.	26
Tabla 4. Costo Total del Sistema.	28
Tabla 5. Ventajas del Sistema solar frente al convencional.	29
Tabla 6. Desventajas del Sistema solar frente al convencional.	30

Lista de Imagenes

Imagen 1. Interfaz principal Modelo Informático.	32
Imagen 2. Interfaz secundaria Modelo Informático.	33

Introducción

El avance incontenible de la era moderna y su dependencia de las energías convencionales no renovables, han traído muchos efectos negativos al medio ambiente y en la salud humana; es a raíz de esto que se deben realizar cambios en los hábitos y comportamientos humanos, especialmente aquellos relacionados con el uso y aprovechamiento adecuado de los recursos que nos proporciona el medio ambiente. Uno de esos recursos es la energía eléctrica, la cual se ha convertido en algo indispensable en la era moderna. La energía eléctrica convencional en Colombia tiene dos fuentes principales de obtención. La Hidroeléctrica, se obtiene a partir del agua y la Termoeléctrica, que se obtiene generando calor al quemar, combustibles fósiles como el carbón, gas y petróleo. Este tiempo exige un cambio en la obtención de la energía eléctrica, por fuentes más limpias y amigables con el medio ambiente como lo es la energía solar, la cual está disponible en grandes cantidades.

Como ya se mencionó es imperativo dejar la dependencia de las energías tradicionales poco amigables con el medio ambiente y buscar aquellas fuentes de energía renovables, que permitan mejorar la calidad de vida y el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales. Sin lugar a dudas la energía solar será parte de la energía del futuro y por ello desde la ingeniería de sistemas se pueden crear herramientas informáticas para ayudar al desarrollo de esta valiosa y oportuna alternativa moderna con la que cuenta el mundo en este tiempo.

El problema

1.1 Planteamiento del Problema.

En el municipio de Caparrapi Cundinamarca, existe una problemática evidente para toda la comunidad, tanto en el casco urbano como en el área rural. Dicha problemática está relacionada con el suministro discontinuo o intermitente de la energía eléctrica. En toda la región se sufre constantemente de apagones eléctricos, algunas veces ocasionadas por fallas de la misma red y en otros casos por factores medioambientales como las tormentas eléctricas y los fuertes aguaceros que ocurren con frecuencia. Debido a los apagones repentinos se tienen que suspender en su momento todas las tareas relacionadas con los equipos eléctricos y electrónicos, a nivel residencial, comercial, educativo, laboral y aun en el sector salud, poniendo en riesgo en este último caso, la vida de las personas. En el peor de los casos cuando el flujo eléctrico regresa se han generado daños en electrodomésticos y equipos electrónicos debido a las alzas o cambios bruscos de voltaje, sin que la comunidad pueda hacer algo para evitarlo, ya que se depende exclusivamente de la empresa que suministra la energía eléctrica, la cual nunca responde por los daños causados en los equipos. A esta situación hay que sumarle el costo económico que representa para el usuario el suministro de energía, el cual como se mencionó antes no es constante y estable pero que, sin embargo, se debe pagar por un servicio irregular e inestable. En algunos casos, como sucede en las zonas rurales, el servicio eléctrico se puede demorar hasta dos o tres semanas en regresar. A simple vista se puede observar que se está pagando por un servicio insuficiente y además se está generando dependencia de una empresa de

energía, cuando es posible que cada familia genere la suya propia la cual, si se opta por la energía solar esta es limpia, renovable y amigable con el medio ambiente.

1.2 Formulación del Problema.

¿Cómo dimensionar un proyecto de energía solar sustentable, generando ahorro económico para las familias, brindándoles un flujo eléctrico más estable y reduciendo el impacto ambiental?

Objetivos

Objetivo General:

Desarrollar una aplicación que brinde soporte técnico en el dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos domésticos para las familias de Caparrapi Cundinamarca.

Objetivos Específicos:

Realizar un diagnóstico del tamaño promedio de las familias de Caparrapi Cundinamarca.

Realizar un estudio técnico sobre el consumo promedio de energía de una familia de Caparrapi Cundinamarca utilizando la fuente de energía convencional frente a un sistema solar.

Proponer un modelo informático que genere los cálculos correctos para el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico de bajo consumo.

Demostrar mediante la aplicabilidad de los conocimientos de la ingeniería de sistemas, la eficiencia, utilidad e importancia de los sistemas informáticos en los proyectos de energía solar.

Justificación

Los efectos nocivos del calentamiento global, la dependencia dañina de las energías no renovables y su efecto negativo en la salud, en la vida humana, y en el planeta, han generado una nueva conciencia a nivel mundial sobre la necesidad de buscar fuentes de energía limpias y renovables; entre las opciones esta la Energía Solar. Esta energía está disponible en todo el planeta, es renovable y lo mejor de todo es amigable con el medio ambiente. En la actualidad se está experimentando un auge en el desarrollo e implementación de la energía solar a nivel mundial. La energía solar se consolidó como la primera tecnología de generación de energía a nivel mundial, con especial incidencia en países como Australia, Italia, Estados Unidos, India, Namibia y Uruguay. Según el informe durante el 2019, 81 países instalaron al menos 1MW de energía solar, siendo esta la mitad de la nueva capacidad de generación construida a nivel global. En el 2019 la energía solar rebasó la Eólica para convertirse en la cuarta fuente de energía más grande en cuanto a capacidad, detrás del carbón, gas e hidroeléctrica. (Ambienutm, 2020, p.1).

Así pues, es de esperarse que este auge tienda al aumento en los próximos años y a la par de ello la necesidad de desarrollar herramientas; en este caso, a nivel de Software, que ayuden en especial a los Técnicos y profesionales, pero también a los emprendedores y entusiastas en el tema, a la hora de calcular de una manera responsable, precisa y sencilla el dimensionamiento de proyectos solares fotovoltaicos domésticos.

Debido al auge y necesidad de volvernos a las energías limpias, cada vez más personas implementarán esta tecnología en sus hogares y más cuando muchos

gobiernos a nivel mundial están fomentando e incentivando el uso de las energías limpias y renovables. Colombia ha estado incursionando en el aprovechamiento de la energía solar y se han estado creando leyes y normativas que reglamentan, fomentan e incentivan el uso de la energía solar; como es el caso de la LEY 1715 de 20142 y la Circular Externa No. 018-2019 de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) donde se excluye del pago del Impuesto al Valor Agregado (*IVA*) a los paneles solares, controladores e inversores de carga.

Ahora bien, aparte de las razones ya expuestas y siendo consecuentes con el desarrollo y aprovechamiento de la energía solar a nivel mundial, regional y nacional, también se percibe la urgente necesidad de aprovechar el tiempo y el momento para optar por las bondades de la energía solar, máxime cuando el servicio de energía tradicional es inestable, intermitente y poco amigable con el medio ambiente. Es imperativo tomar conciencia y buscar fuentes de energía limpia y renovable, ¿cómo no aprovechar entonces la energía solar, que está disponible para todos? Al aprovecharla, se mitiga el impacto ambiental, se genera independencia de la red tradicional y se recibe un servicio más estable y se mitigan considerablemente los daños en el medio ambiente.

1.5 Limitaciones

- En el proceso de investigación se contempla la investigación de tipo observación directa, en donde se requiere realizar un diagnóstico del promedio del tamaño de las familias del municipio, para así escoger una donde se pueda determinar del consumo energético, la calidad del servicio y el costo que este tiene para el usuario. Para ello se realizará una indagación sobre el último censo nacional según el DANE del municipio en estudio, para acceder a la base de

datos, por ser esta la fuente más confiable y disponible para obtener los datos. Existe entonces la posibilidad de no contar con La información actualizada o problemas de conectividad con dicha base de datos.

- La disposición de las familias para colaborar con la investigación y la disponibilidad de su tiempo para brindar la información requerida.

Marco teórico

2.1. Ingeniería del Software

Debido a que la sociedad de la información se sustenta en un desarrollo tecnológico único, los sistemas de información dependen cada vez más del software, esto plantea una serie de desafíos entre los cuales están: crear software que logre satisfacer realmente los requerimientos y necesidades del cliente, desarrollar software a una velocidad que esté acorde con su creciente demanda y exigencia por parte del cliente moderno, reducir en gran medida el mantenimiento en la etapa de funcionamiento, mantener controlados los costos de acuerdo al presupuesto durante el desarrollo y mantenimiento, asegurar la calidad del software, cumplir con los plazos de entrega pactados, entre otros.

2.1.1 Antecedentes Internacionales

La evolución de la ingeniería del software desde su nacimiento hasta la actualidad ha sido muy positiva y esencial para el desarrollo del mundo moderno automatizado, ágil y complejo como lo vemos hoy. El software en la actualidad forma parte de nuestras vidas y está presente en casi todos los aparatos tecnológicos modernos, tanto en el área de las telecomunicaciones, como el transporte, la medicina, la administración pública, el sistema financiero, en el gobierno, en el arte, el ocio entre otros. A continuación, resumiremos la evolución de la ingeniería del software en 7 etapas o fases bien marcadas, desde su nacimiento hasta la actualidad; según Piattini estas fases o etapas son:

Fase 1. Décadas de los 40 y 50. El coste del hardware era tremendamente superior al del software, que tenía por lo tanto una importancia relativa mucho menor. Se consideraba además que el software se podía desarrollar de la misma forma que se desarrolla el hardware; y, de hecho, los primeros ingenieros que se ocupaban del software

eran los mismos que desarrollaban el hardware.

Fase 2. Década de los 60. A pesar de importantes éxitos como las misiones de la NASA, se empieza a hacer evidente que el software se diferencia demasiado del hardware para poder ser tratado de la misma manera. Es la época de los famosos “códigos espagueti” (muy difíciles de entender incluso por quien lo escribía) y la aparición de “héroes” que después de varias noches sin dormir conseguían arreglar a último minuto el software para cumplir los plazos marcados. En el NASA/IEEE Software Engineering Workshop de 1966; y las conferencias de la OTAN en 1968 y 1969, se analizó la “crisis del software”, y se plantearon ideas fundamentales como “reutilización” o “arquitectura software”. En 1968 aparece también el artículo de Dijkstra “Go To Statement Considered Harmful” que impulsó la programación estructurada y en el congreso IFIP se cita por primera vez el concepto de “factoría o fábrica de software”. Sin embargo, la formación de los profesionales sigue siendo ad-hoc y más centrada en los sistemas y en la programación, que en una verdadera Ingeniería del Software.

Fase 3. Década de los 70. En esta década las organizaciones empezaron a comprobar que los costes del software superaban a los del hardware. Parnas propone la descomposición modular y el concepto de ocultamiento de información (information hiding), Chen el modelo E/R y Royce el modelo de ciclo de vida en cascada. La formación de los profesionales de la Ingeniería del Software se centra entonces en las metodologías estructuradas (Warnier, Jackson, Myers, Yourdon y Constantine, Gane y Sarson, Demarco, SSADM, MERISE, etc.) que supusieron un avance importante en el análisis y diseño de software.

Fase 4. Década de los 80. Leo Osterweil impartió una charla invitada en la

International Conference on Software Engineering (ICSE) cuyo título fue “Software processes are software too” que supuso el inicio de una nueva forma de abordar los procesos software. Los problemas de no conformidad de proceso se intentaron resolver con estándares como el DoD-STD-2167 o el MILSTD- 1521B por parte del Departamento de Defensa de EEUU que, con el fin de mejorar la calidad de sus sistemas y evaluar a sus proveedores, encargan al entonces recientemente creado Software Engineering Institute (SEI) de la Universidad Carnegie Mellon, un modelo de madurez de la capacidad software (SW-CMM) que desarrollaría Watts Humphrey. En cuanto a la tecnología, se automatiza parte del ciclo de vida del software, apareciendo la conocida como primera generación de herramientas CASE, y los lenguajes de programación orientados a objetos que, si bien empezaron a finales de la década de los sesenta con el lenguaje Simula y en los setenta con Smalltalk, se difundieron sobre todo en la década de los ochenta con la aparición de C++, Objective-C y Eiffel. La formación de los profesionales del software requiere entonces el manejo de las herramientas CASE, comprender el gran cambio de paradigma que supone la orientación a objetos, y adquirir conocimientos sobre los procesos software y los modelos de madurez.

Fase 5. Década de los 90. durante la cual se desarrollan los modelos relacionados con la mejora de procesos software, como Ideal, TSP o PSP, y las normas y estándares de calidad como la ISO 9126, ISO 12207, ISO 9000-3, etc. También durante esta década se consolida la orientación a objetos (OO) como aproximación para el desarrollo de sistemas informáticos, apareciendo más de cien metodologías, que terminan dando lugar a la aparición del Lenguaje de Modelado Unificado (UML) y el Proceso Unificado (UP). También surgen en los noventa y la década siguiente multitud de técnicas y conocimientos

sobre la construcción de sistemas orientados a objetos: patrones, heurísticas, refactorizaciones, etc. Lo que supone una profundización en la formación de los profesionales que deben adquirir todas estas “buenas prácticas” para la correcta construcción del software. Por otro lado, los problemas del año 2000 y del Euro, que agudizaron aún más los clásicos problemas del mantenimiento de software, hicieron plantearse a muchas organizaciones la conveniencia de externalizar (outsourcing) sus procesos de mantenimiento, impulsando la creación por parte de muchas empresas de centros y unidades dedicadas específicamente a la externalización. La gestión y el desarrollo de software externalizado demanda conocimientos y habilidades especializados a los Ingenieros de Software.

Fase 6. Década de los 2000. Se firma el “Manifiesto Ágil” como intento de simplificar la complejidad de las metodologías existentes y en respuesta a los modelos “pesados” tipo CMM, y surgen, los métodos híbridos, que buscan un equilibrio, combinando la adaptabilidad de los ágiles con la formalidad y documentación de los métodos rigurosos. Actualmente vivimos el auge de este tipo de métodos, especialmente de Scrum, y ha sido necesario reciclar a los Ingenieros de Software en la “cultura” y técnicas ágiles. Cabe destacar también que en esta década se difunden el Desarrollo Software Dirigido por Modelos (DSDM) y las líneas o familias de productos software, que suponen un esfuerzo al Ingeniero del Software al trabajar con modelos de alto nivel como elemento principal del desarrollo y mantenimiento de software. Otro tema relevante es el Desarrollo Distribuido de Software (especialmente cuando los equipos se distribuyen más allá de las fronteras de una nación, recibiendo el nombre de Desarrollo Global de Software (GSD)), que requiere una formación mucho más amplia del Ingeniero de Software, para resolver

problemas como: comunicación inadecuada, diversidad cultural, gestión del conocimiento o diferencia horaria, entre otros. Por último, en esta década queremos resaltar la Ingeniería del Software Empírica (ESE) y la Ingeniería del Software Basada en Evidencias (EBSE), que sentaron las bases para la experimentación y rigurosidad en Ingeniería del Software.

Fase 7. Década de los 2010. En esta década, además de afianzarse las líneas descritas en las décadas anteriores, estamos asistiendo a una mayor integración entre la Ingeniería del Software y la Ingeniería de Sistemas -destacando el papel de los requisitos no funcionales y, sobre todo, de la seguridad-; la importancia de la “Ciencia, Gestión e Ingeniería de los Servicios” que requiere un enfoque interdisciplinar (informática, marketing, gestión empresarial, ciencias cognitivas, derecho, etc.) a la hora de abordar el diseño de los servicios; la necesidad de adaptar los métodos de desarrollo de software para trabajar en un “mundo abierto” crucial cuando nos enfrentamos a dominios tales como la inteligencia ambiental, las aplicaciones conscientes del contexto, y la computación pervasiva; los “Sistemas de Sistemas Intensivos en Software” (SISOS) con decenas de millones de líneas de código, decenas de interfaces externas, proveedores “competitivos”, jerarquías complejas, etc. También estamos viendo ya la implantación de la “Ingeniería del Software Continua”, y su correspondiente tecnología y “filosofía” “DevOps”, que logran reducir el tiempo entre que se compromete un cambio en el sistema y que se ponga en producción normal; lo que requiere un cambio cultural para aceptar la responsabilidad compartida (entre desarrollo y operación) de entregar software de alta calidad al usuario final.

2.1.2. La Ingeniería del Software en Colombia

El desarrollo del software en Colombia es una industria creciente que suma más de 30 años

y que ha venido ganando cada vez más reconocimiento internacional como un país exportador de tecnologías de la información (TI), especialmente en el área del Software. Según Forbes Colombia, en su publicación del 09 de Julio de 2021, el mercado de software colombiano tuvo un crecimiento del 17.6% en el año inmediatamente anterior, esto sin lugar a dudas nos presenta un avance acelerado y muy positivo para la industria, la generación de empleo y el desarrollo de nuevas tecnologías con calidad y manufactura colombiana por así llamarlo. Según la misma publicación y basados en datos del Departamento Nacional de Estadística (DANE), reveló que para el 2020 el valor agregado del sector ascendió a 35.1 billones de pesos y tiende al crecimiento por la creciente demanda del mercado nacional e internacional.

Esto nos permite apreciar la importancia y el crecimiento gradual que ha tenido este campo en nuestro país. En cuanto al desarrollo del software para proyectos solares no fue posible encontrar información al respecto, es posible que se deba a lo incipiente de este campo, lo cual, viéndolo desde un punto de vista optimista, es entonces una buena área para incursionar, ya que la energía solar está tomando cada vez más fuerza e importancia no solo a nivel nacional sino global y a la par de ello los sistemas informáticos tendrán que ser desarrollados como demanda del sector. Como lo indica Martínez (2005):

El desarrollo de herramientas que permitan la supervisión, evaluación del funcionamiento y predicción de la producción de sistemas energéticos que utilicen fuentes de energía no convencionales puede contribuir a la optimización de estos sistemas y a un mayor desarrollo de los mismos. (p.125).

Con respecto a las herramientas de software disponibles para sistemas solares:

Las herramientas software son comúnmente empleadas como apoyo al desarrollo de proyectos de ingeniería en muy diferentes campos. En particular, en el área de las energías renovables (solar fotovoltaica, térmica, eólica...), tecnologías en fuerte expansión a lo largo

de los últimos años. En el campo de la energía solar, existen programas comerciales que permiten dimensionar las instalaciones y evaluar su rendimiento. Algunos de los ejemplos más representativos son PVGIS, PVSYS o Censol (Dunlop y Wald, 2006). Además, es muy común emplear hojas de cálculo o programas desarrollados en lenguajes como Matlab, Python, Octave, etc....

En consecuencia, todas estas herramientas suelen ser poco eficientes a la hora de realizar tareas propias de la fase de anteproyecto, en la que es fundamental obtener un dimensionado aproximado de la instalación en poco tiempo y con suficiente precisión. Y teniendo en cuenta que, en ocasiones, las citadas herramientas son empleadas por ingenieros en formación”. Capilla et al (2017 p.1-2).

2.2. Importancia

Según Sommerville, el software representa “no solo programas, sino todos los documentos asociados y la configuración de datos que se necesitan para hacer que un programa funcione de forma apropiada y correcta” (2005.p.5)

En el campo del desarrollo de software existen métodos de ingeniería muy bien estructurados que incluyen modelos de sistemas, reglas, metodologías y guías de todos los procesos que sirven como orientación en su correcto desarrollo. La ingeniería de software hoy por hoy es la base de los sistemas informáticos modernos y nos permite precisar en gran detalle lo que un programa informático es capaz de realizar.

Para Pfiieger, la ingeniería de software es un “conocimiento aplicado de las computadoras y la computación para resolver un problema identificado” (2002. p. 2); permitiendo esto desarrollar una metodología amplia y precisa que debe cubrir el ciclo de vida de un proyecto de software, desde su etapa inicial (La documentación) hasta su fase

final (Implementación y pruebas) generando esto, un producto informático de alta eficiencia minimizando los errores en su desarrollo y dando respuesta optima al usuario final.

De acuerdo a lo anterior es muy pertinente identificar correctamente el problema a solucionar con la aplicación desarrollada, para esto se debe hacer un exhaustivo y cuidadoso levantamiento de la información que permita determinar en un alto grado de exactitud el alcance real del problema y su posible solución. Como se mencionó anteriormente con relación a estos conceptos Sommerville, define la Ingeniería de Software como: “una disciplina de la ingeniería que comprende todos los aspectos de la producción de software desde las etapas iniciales de la especificación del sistema, hasta el mantenimiento de este después de que se utiliza” (2005. p.6). Complementando lo anterior en palabras de Presman es: “una disciplina o área de la informática o Ciencias de la Computación, que ofrece métodos y técnicas para desarrollar y mantener software de calidad que resuelven problemas de todo tipo” (2010. p. 10)

2.3. Software de Aplicación.

Con respecto al Software de Aplicación el concepto de Pressman es apropiado, pues él lo define como, “programas aislados que resuelven una necesidad específica de negocios, las aplicaciones en esta área procesan datos comerciales o técnicos en una forma que facilitan las operaciones de negocio o la toma de decisiones administrativas o técnicas” (2010. p. 10)

Este software de aplicación que es concebido para una tarea específica en un contexto particular y para un uso determinado, es llamado “Software a la medida”, el cual viene a dar solución o soluciones a un conjunto de requerimientos previamente y

claramente definidos por el usuario o cliente final.

2.4 Modelos del Ciclo de Vida del Software.

Generalmente los modelos del ciclo del software se describen en etapas bien definidas, como lo son:

*Análisis de Requerimientos.

*Implementación.

*Diseño.

*Mantenimiento.

2.5. Procesos de Desarrollo de Software.

Un proceso de software detallado y completo suele denominarse “Metodología”. Una metodología define: artefactos, roles y actividades, junto con las prácticas y las técnicas recomendadas. Con frecuencia es utilizado el término “método” para referirse a técnicas, notaciones y guías asociadas, que son aplicables a una (o algunas) actividades del proceso de desarrollo (Larman, 2003).

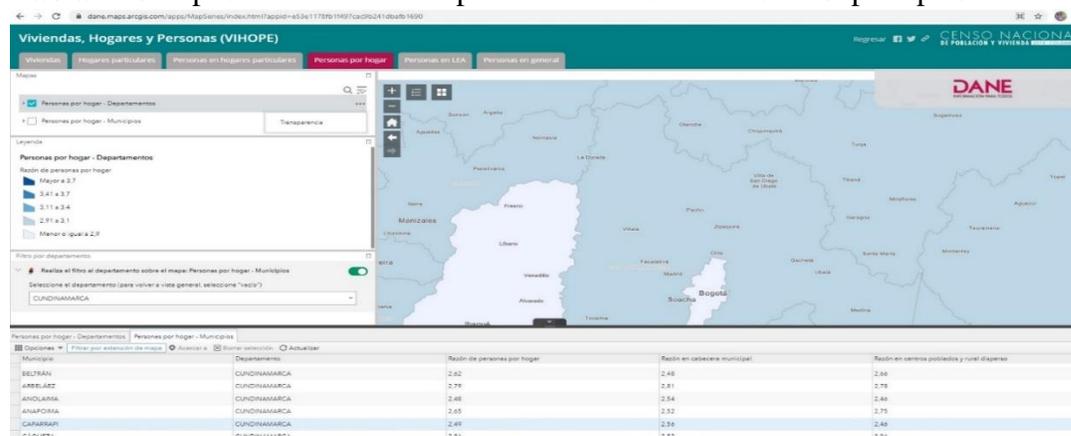
El Proceso Unificado de Desarrollo de Software es un marco de desarrollo de software iterativo y orientado a objetos, que se caracteriza por: estar dirigido por casos de uso, de manera que se crean modelos de diseño e implementación; centrado en la arquitectura, en donde se tienen en cuenta aspectos dinámicos y estáticos importantes del sistema; enfocado en el riesgo, y por ser iterativo e incremental, de manera que se encuentre dividido en fases las cuales van creciendo (incremental) y que pueden ser recorridas o tener varios ciclos de vida (iterativo). (Larman, 2003).

Diagnóstico

3.1. Tamaño promedio de las familias

Se realizó una consulta a la base de datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, sobre la composición del tamaño promedio de las familias en el municipio de Caparrapi Cundinamarca para el año 2018, el cual tomaremos como base para este diagnóstico por ser la fuente más viable, disponible en el momento, ya que por la oficina del SISBEN del municipio en cuestión no fue posible. Los datos obtenidos según información del DANE se relacionan a continuación:

Tabla 1. Composición del tamaño promedio de las familias de Caparrapi Cundinamarca.



Fuente: DANE.

Según los datos consultados el total de Familias es de: 4.131 y el promedio de 2.56 en el área urbana y 2.46 en el área rural. Para efectos de nuestro estudio y debido a la observación realizada por habitar en este municipio y teniendo en cuenta que los datos son del 2018 se realizará el estudio en una familia compuesta de 4 personas, contando un padre, una madre y dos hijos.

Estudio técnico

4.1. Consumo energético de una familia promedio

Se realizó el estudio técnico en una familia del casco urbano del municipio de Caparrapi Cundinamarca, barrio El Municipio, familia Vargas Castillo. La vivienda en cuestión no tiene nomenclatura para hacer referencia con mayor exactitud ni aparece está en la factura de energía. Sin embargo, para precisar con más detalles se cita la factura No. 639726196-2 del mes de mayo del año 2021, de la empresa de energía, ENEL CODENSA S.A prestadora del servicio para Cundinamarca y en especial para el municipio de Caparrapi. La familia seleccionada está compuesta de un núcleo familiar de 4 personas, padre, madre y dos hijos.

El consumo energético de la vivienda relacionado con el promedio de consumo de los últimos 6 meses según la factura de la empresa de energía, es de 43Kwh. Citando la misma factura el kwh tiene un costo de \$573.3518 dando como valor total \$24.654, a este valor se le debe sumar \$2.886 correspondiente al cargo fijo mensual de alumbrado público (el cual paradójicamente también lo pagan las personas del área rural) dando un nuevo valor de \$27. 540. El consumo anual de energía según el promedio es de 516Kwh, teniendo este un costo total de \$330.480.

Se debe mencionar también que el costo del medidor, la acometida y la conexión del servicio de energía por primera vez, debe ser asumido por el usuario. Este costo esta alrededor entre el \$1.500.000 según TARIFARIO 2021 dispuesto en la página oficial de la empresa (referencia). Este valor se puede incrementar según la distancia entre la vivienda y la línea de red más cercana, si la empresa debe instalar postes y demás. En algunos casos la vivienda puede estar tan distante de la red que la empresa puede alegar inviabilidad y negar

la conexión del servicio.

4.2. Dimensionamiento y costos del sistema solar

Para un dimensionamiento apropiado de un sistema solar se deben precisar en detalle el tipo de equipos, la cantidad, el consumo de estos y las horas día que estarán encendidos. A continuación, relacionamos una tabla de consumo o demanda energética del sistema en estudio.

Tabla 2. Demanda energética del sistema.

FAMILIA: Vargas Castillo			Municipio: Caparrapi		
FECHA: 10-04-21.			Dirección: Barrio El Municipio		
Cant.	EQUIPO	Consumo (W)	Total Consumo	Horas	T. Consumo
1	TV 32"	60	60	4	240
1	NEVERA 220Lt	45	45	24	1080
2	CELULARES	5	10	1	10
1	LICUADORA	550	550	0.1	55
7	BOMBILLOS	12	84	5	420
1	LAPTOP	65	65	1	65
1	MAQUINA DE COSER	350	350	0.15	52.5
TOTAL:			1,164	TOTAL:	1922.5

Fuente: El autor.

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla anterior se puede hacer un cálculo preliminar de la capacidad de:

*Inversor: 1.164W

*Demanda preliminar del sistema: 1.923W. (Aproximando)

Determinar la demanda Final del Sistema: Con base en los datos anteriores se calculan los demás parámetros y por ende los equipos y elementos que se necesitan para construir el sistema. Estos parámetros son:

***Eficiencia del Inversor:** Se instalará uno con eficiencia del 94%.

***Descarga de las baterías:** Se descargarán las baterías con el porcentaje máximo de descarga el cual es del 50%

***Horas Sol Pico (HSP)** para la zona donde el sistema será instalado: Las coordenadas se obtienen de Google Maps. Para este municipio en particular son: Latitud: 5.3490, Longitud: -74.4913. Con ellas se hace el cálculo de las HSP según los datos de la NASA. Consultando el sitio oficial se obtiene el siguiente resultado **4.3hsp** promedio.

Tabla 3. Horas Sol Pico y Radiación Solar.

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/ 0.5 x 0.5 Degree Climatologies
22-year Additional Solar Parameter Monthly & Annual Climatologies (July 1983 - June 2005), 30-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 1984 - December 2013)
Location: Latitude 5.345 Longitude -74.4914
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 1509.99 meters Site = na
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
Parameter(s):
TZM_MIN MERRA2 1/2x1/2 Minimum Temperature at 2 Meters (C)
SI_EF_MIN_OPTIMAL SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance Optimal (Kil-hr/m^2/day)
SI_EF_MIN_OPTIMAL_ANG SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_LATITUDE SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Tilt (Kil-hr/m^2/day)
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_VERTICAL SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance for Equator Facing Vertical Surface (Kil-hr/m^2/day)
SI_EF_MIN_TRACKER SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance Tracking the Sun (N/S Orientation)
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15 SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Plus 15 Tilt (Kil-hr/m^2/day)
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance for Equator Facing Horizontal Surface (Kil-hr/m^2/day)
SI_EF_MIN_OPTIMAL_ANG_ORT SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S Orientation)
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15 SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Minus 15 Tilt (Kil-hr/m^2/day)
EQLVNT_NO_SUN_BLACKDAYS_MONTH SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Equivalent Number Of NO-SUN Or BLACK Days Over A Consecutive Month Period (days)
TZM_MAX MERRA2 1/2x1/2 Maximum Temperature at 2 Meters (C)
PARAMETER JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
-END HEADER-
EQLVNT_NO_SUN_BLACKDAYS_MONTH 3.65 6.15 2.70 3.53 2.93 3.96 1.75 5.21 3.75 3.87 4.28 2.79 -999
TZM_MAX 24.74 25.43 25.18 24.56 24.25 24.39 24.75 25.38 25.25 23.81 23.20 23.76 24.56
TZM_MIN 15.75 16.07 16.48 16.56 16.25 15.58 15.21 15.32 15.57 15.82 15.87 15.84 15.86
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL 4.22 3.76 4.45 4.13 4.34 4.34 5.08 4.53 4.57 4.15 3.92 4.09 4.30
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15 3.94 3.62 4.36 4.13 4.42 4.46 5.24 4.57 4.51 4.01 3.71 3.81 4.23
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_LATITUDE 4.34 3.81 4.47 4.10 4.25 4.23 4.94 4.47 4.56 4.20 4.01 4.22 4.30
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15 4.53 3.84 4.38 3.88 3.89 3.79 4.41 4.16 4.40 4.20 4.14 4.44 4.17
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_VERTICAL 2.76 2.02 1.82 1.45 1.37 1.33 1.35 1.41 1.56 2.04 2.41 2.82 1.86
SI_EF_MIN_OPTIMAL 4.55 3.85 4.47 4.14 4.43 4.50 5.28 4.57 4.57 4.22 4.14 4.47 4.43
SI_EF_MIN_OPTIMAL_ANG 26.00 15.50 6.50 -5.00 -14.00 -18.50 -18.50 -9.00 2.00 13.00 22.50 28.50 4.00
SI_EF_MIN_OPTIMAL_ANG_ORT S S S N N N N S S S S S
SI_EF_MIN_TRACKER 5.14 4.19 5.00 4.52 4.91 5.00 6.09 5.13 5.13 4.69 4.60 5.04 4.95

```

Fuente: NASA

Con estos parámetros se procede a determinar los Watts totales que necesita el sistema.

Determinar la pérdida por la deficiencia del Inversor: En este caso en particular ya que la eficiencia del inversor es del 94% , la pérdida o deficiencia es del 6%. Para determinar este valor, la operación matemática es: $X=(6*1.923)/100$ $X=115.38w$.

Determinar la reserva en baterías: La descarga máxima de las baterías debe ser del 50%. Esto indica que la demanda del sistema debe ser suplida descargando las baterías solo un 50%. En este caso la operación matemática es sencilla, pues si la demanda total equivale a un 50% es decir la mitad de la carga de las baterías entonces el otro 50% debe ser igual a la demanda inicial es decir 1.923w.

Ahora se deben sumar todos los valores: $1.923+115.38+1.923= 3.961w$. Esta será entonces la demanda final del sistema.

Determinar la cantidad de paneles: Se divide la demanda final del sistema en las **HSP** y el resultado a su vez en la capacidad de los paneles a instalar. $3.961/4.3= 921.162/445= 2.070$. El sistema necesita dos paneles de **445w** cada uno.

Determinar el banco de Baterías: En primer lugar, se deben convertir los Watts totales en Amperios. Para ello dividimos el total de Watts en 24v, pues por norma técnica este sistema debe ser construido a 24 voltios ya que supera los 700w hora. En este caso la operación matemática es: $3.961/24=165.041A$. Se escogerán entonces dos baterías de 100A cada una.

Determinar la Capacidad del Controlador de Carga: Esta depende de la cantidad de paneles y la capacidad de estos. Para este sistema la operación matemática es: $2*445/24= 37.08$. El sistema necesita un controlador de 40A.

Determinar la capacidad del inversor: Si la temperatura ambiente máxima del

lugar del sistema no supera los 25⁰ se hace un ajuste del 5% a la capacidad inicial del inversor, en este caso la operación matemática es: $1.164+(1.164*0.05)=1.222$. Para efectos prácticos y por tamaños de fabricación se opta por la capacidad más cercana al valor obtenido, en este caso un inversor de 1.500w Se debe optar por un inversor de onda pura debido a los equipos con motor que incluye el sistema.

Con los datos anteriores y en base a los valores actuales de los equipos se calcula el costo de los elementos del sistema como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 4. Costo Total del Sistema.

COSTOS SISTEMA SOLAR				
FAMILIA: Vargas Castillo		Municipio: Caparrapi		
FECHA: 10-04-21.		Direccion: Barrio El Municipio		
Cant.	DISPOSITIVO	CAPACIDAD	COSTO. Unit.	COSTO Tot.
2	Panel Solar Monocristalino	445w	690	1,380,000
2	Baterias Estacionarias	100A	800	1,600,000
1	Controlador de Carga	40A	105,9	105,9
1	Inversor Onda Pura	1500w	800	800
1	Conectores y Cableado		150	150
1	Mano de Obra		300	300
1	Otros Gastos		80	80
			TOTAL COSTO:	4,415,900

Fuente: El autor.

Los costos de los equipos del sistema solar fueron tomados de la página oficial de la empresa INGESOLAR.

4.3. Sistema solar vs sistema convencional.

Se presenta una tabla con las ventajas del sistema solar frente al sistema convencional.

Tabla 5. Ventajas del Sistema solar frente al convencional.

SISTEMA SOLAR	SISTEMA CONVENCIONAL
VENTAJAS	DESVENTALAS
Usa una fuente de energía limpia.	No usa fuentes de energía limpia.
La fuente de energía es renovable.	La fuente de energía no es renovable.
La fuente de energía es amigable con el medio ambiente.	La fuente de energía no es amigable con el medio ambiente.
Cada hogar puede generar su propia energía.	La energía es generada y administrada por un tercero.
El flujo eléctrico es estable. No hay cambios bruscos en el voltaje.	No hay estabilidad en el flujo eléctrico, existen bajas o alzas de voltaje repentinas.
El servicio es continuo.	Servicio intermitente, por fallos en la red, mantenimiento o efectos climáticos.
No hay riesgo de daños en equipos, conectados al sistema.	Riesgo constante de daños en los equipos conectados al sistema.
No hay pagos mensuales de facturas y sobrecostos.	Pago mensual de facturas y sobrecostos por mora o errores en el medidor o en la lectura del consumo.
No se depende de una empresa para suministrar la energía o para realizar las	Se depende de la empresa de energía para el suministro de energía y para las

reparaciones en la red.	reparaciones de la red.
No se necesita estudio de viabilidad o sobrecostos por la distancia y ubicación.	Se necesita estudio de viabilidad y se generan sobrecostos por la distancia y ubicación.
Siempre que el usuario desee el sistema podrá ser instalado.	Si no hay viabilidad la empresa puede decidir no instalar el sistema.

Fuente: El autor.

Se presenta una tabla con las desventajas del sistema solar frente al sistema convencional.

Tabla 6. Desventajas del Sistema solar frente al convencional.

SISTEMA SOLAR	SISTEMA CONVENCIONAL
DESVENTAJAS	VENTAJAS
El costo de instalación es más elevado	El costo de instalación es más económico.
Se debe ajustar el consumo al sistema instalado. Si desea instalar más equipos debe ampliar el sistema.	Puede conectar los equipos que desee.
El mantenimiento de la red lo asume el dueño del sistema.	El mantenimiento de la red lo asume la empresa.
Depende de la radiación solar, al disminuir esta disminuye el flujo eléctrico	No depende de la radiación solar.

Fuente: El autor.

Modelo informático

Cuando se piensa en instalar un sistema solar fotovoltaico la parte más crítica es la relacionada con el cálculo correcto del dimensionamiento del mismo; dicha labor es dispendiosa y demanda sumo cuidado en los cálculos y en los procedimientos a realizar por parte de quien está a cargo del diseño del mismo, pues un sistema mal calculado puede llevar a un desperdicio de recursos en caso de estar sobredimensionado o al fracaso del proyecto, en caso de no llegar a suplir la demanda energética esperada. Es en esta etapa, donde se debe contar con un software que ayude a realizar un cálculo preciso, detallado y eficiente del mismo; el cual, debido al auge de la evolución de la energía solar que se ha estado dando en la actualidad, podrá ser de gran ayuda, para quienes están involucrados en el diseño e implementación de proyectos solares fotovoltaicos.

Normalmente los cálculos para un sistema solar se hacen de forma manual a través de apuntes y cálculos matemáticos, con calculadora en mano o en algunos casos mediante fórmulas como se ha demostrado en este documento. Es apenas evidente que esta metodología no funciona de una manera automatizada y puede generar demoras o errores en los cálculos, especialmente aquellos que son hechos con premura o pasando por alto algún dato o procedimiento, generando esto, datos errados y efectos negativos en el proyecto. Lo anterior conlleva a pérdida de tiempo y recursos.

Se crea entonces un software o modelo informático que ayude y agilice el dimensionamiento de proyectos solares a nivel “Domestico” por así definirlo, para dar soporte técnico a proyectos de hogares sustentables tanto, en el área rural como urbana, según sea la necesidad.

El modelo informático en cuestión fue diseñado en el lenguaje de programación

JAVA y es un aplicativo de escritorio para PC y Laptops. Este aplicativo acorta substancialmente el proceso de dimensionamiento y cálculo de costos. Parte de su funcionamiento se demuestra a continuación.

Imagen 1. Interfaz principal Modelo Informático.

The screenshot shows the main interface of the 'Optimus' solar calculator. At the top, it says 'BIENVENIDO Aquí podrás Dimensionar tu Sistema SOLAR.' and features the 'Optimus Calculador Solar' logo. Below this is a section for 'DEMANDA ENERGETICA DEL SISTEMA' with a table for adding devices. The table has columns for 'Dispositivo', 'Cantidad', 'Cons/Hora', 'Whats/Hora', 'Horas/Act.', and 'Cons/Total'. To the right of the table is a 'CALCULO PRELIMINAR' section showing 'Demanda Total: 0.0 Watts', 'Amperaje Hora: 0.0', 'Amperaje Día: 0.0', and 'Cap. Inversor: 0.0 Watts'. Below the table are three 'PARAMETROS DEL SISTEMA' sections with input fields for 'Demanda total', 'Eficiencia Inversor', 'Tamaño Inversor', 'Descarga Baterias', and 'Horas SP'. At the bottom is the 'CALCULO FINAL DEL SISTEMA' section with input fields for 'Watts Totales', 'Paneles Cap.', 'Paneles Sistema', 'Amperaje Total', 'Amperaje Baterias', 'Baterias Sistema', 'Capacidad Controlador', 'Watts Totales', 'Paneles Sist.', 'Cap. Paneles', 'Cap. Controlador', and 'CAPACIDAD INVERSOR' (including 'Capacidad Inversor' and 'Capacidad Inversor >25%'). A 'CALCULAR COSTO' button is located at the bottom right.

Fuente: El autor.

Este aplicativo permite el ingreso de los datos de los equipos que el sistema necesita alimentar y genera automáticamente los cálculos preliminares del sistema. Al ingresar los parámetros del sistema se genera el cálculo final del sistema solar de una manera automática, permitiendo modificar los datos ingresados y a su vez permite imprimir la tabla

de equipos que el sistema debe alimentar.

Después de dimensionar el sistema, el aplicativo permite realizar un cálculo de los costos individuales y totales del proyecto.

Imagen 2. Interfaz secundaria Modelo Informático.



Fuente: El autor.

Este modelo informático acorta notablemente el tiempo de cálculo y dimensionamiento de un sistema solar, está diseñado para asistir y minimizar los errores a la hora de ingresar los datos requeridos por el sistema. Toda las funciones y los detalles técnicos y de uso del aplicativo, están contenidos en el MANUAL TECNICO y MANUAL DE USUARIO respectivamente.

Conclusiones

El presente trabajo de desarrollo tecnológico, cuyo objetivo general consistió en el desarrollo de un modelo informático que brinde soporte técnico en el dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos domésticos para las familias de Caparrapi Cundinamarca, pudo evidenciar varias cosas a tener en cuenta.

La viabilidad del uso de la energía solar en los hogares tanto en el casco urbano como en el área rural es una muy buena alternativa para disfrutar de una energía limpia, renovable, estable y amigable con el medio ambiente.

Desde las familias y ayudados con la energía solar, se puede hacer un aporte sustancial en el uso de fuentes de energía más amigables con el medio ambiente.

Las ventajas y bondades de la energía solar son muchas comparadas con las fuentes de energía tradicionales.

Los modelos informáticos desde la ingeniería de sistemas son aplicables y de gran utilidad a la hora de realizar dimensionamientos y cálculos en proyectos de energía solar.

La energía solar es la energía del futuro, no solo porque es un nuevo desarrollo tecnológico sino también porque los efectos negativos del cambio climático que se sienten con más fuerza e intensidad cada día nos exige un cambio en el comportamiento del uso y aprovechamiento de la energía que consumimos todos los días y a su vez entendiendo que las fuentes de energía convencionales no son renovables y por lo tanto tienden a desaparecer, es por ello que nuestra dependencia de las fuentes de energías no renovables debe ser eliminada y reemplazada por fuentes limpias y sustentables en el tiempo.

Bibliografía.

Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA). Visor de Acceso a datos de

POWER. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Capilla et al. Herramientas Software para Enseñanzas Relacionadas con la Energía Solar Fotovoltaica (2017).

<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/INRED/INRED2017/paper/viewFile/6862/2872>

Congreso de la Republica de Colombia. Ley 175 de 2014 (p.3).

<http://www.fedebiocombustibles.com/files/1715.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Censo nacional de población y vivienda 2018.

<https://dane.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=e53e1178fb1f497cac9b241dbafb1690>

Ian Sommerville.. Ingeniería de Software. Pearson Education S.A. (2005).

http://zeus.inf.ucev.cl/~bcrawford/AULA_ICI_3242/Ingenieria%20del%20Software%207ma.%20Ed.%20-%20Ian%20Sommerville.pdf

Javier López de Benito/EnergyNews. El auge de la energía solar y eólica (consultado el 29 de abril de 2021).

<https://www.ambientum.com/ambientum/energia/el-auge-de-la-energia-solar-y-eolica.asp>

Javier Navarro. Definición de ciencias de la computación (2015).

<https://www.definicionabc.com/tecnologia/ciencias-computacion.php>

Larman, C. UML y Patrones. Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado. Pearson Prentice Hall (2003).

<http://fmonje.com/UTN/ADES%20-%2020208/UML%20y%20Patrones%20%202da%20Edicion.pdf>

Manuel Buzón. Definición de software: Qué es, para que sirve y porque es tan importante (2020). <https://www.profesionalreview.com/2020/01/26/definicion-software/>

María Estela Raffino. Software de aplicación (2020). <https://concepto.de/software-de-aplicacion/>

Martínez Marchena Ildelfonso. Marco de trabajo para la generación de software para la gestión de sistemas de energía solar (2005).
https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/10015/TD_Martinez_Marchena.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Piattini Mario. Revista institucional de la facultad de informática (s.f) p.15-17.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/57358/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1

Presidente y CEO de Digital Ware (2021). Industria del software: un sector con visión de crecimiento. Forbes Colombia. <https://forbes.co/2021/07/09/red-forbes/industria-del-software-un-sector-con-vision-de-crecimiento/>

Roger S. Pressman. Ingeniería de Software Un Enfoque práctico. Mc Graw Hill. (2010).
<http://cotana.informatica.edu.bo/downloads/ldngenieria.de.software.enfoque.practico.7ed.Pressman.PDF>

Shari Lawrence Pfleeger (2002) Ingeniería de Software Teoría y Practica. Pearson Education S.A.

Soluciones Energéticas Ingesolar. <https://www.ingesolar.com.co/>

Unidad de planeación minero energética. Circular externa No. 018-2019.

https://www1.upme.gov.co/Normatividad/Circular_018_2019.pdf