Índice

1. Introducción.

Los sistemas de control de plantas termosolares de receptor central son sistemas complejos que tienen entre sus objetivos concentrar energía solar reflejada por el campo de helióstatos en una serie de puntos. Obtener una medida de la radiación reflejada en un punto del receptor es una tarea complicada debido a la dificultad de medir directamente dicha radiación concentrada. Este trabajo plantea como objetivo general el aproximarse a esta medida mediante la utilización del tratamiento digital de imágenes de la proyección de la radiación solar concentrada por un helióstato. La obtención en tiempo real de parámetros matemáticos obtenidos del análisis de dichas imágenes, así como su correlación con variables físicas, permitirán una estimación óptima de la distribución de radiación solar concentrada por un helióstato en un receptor. Esta estimación de la distribución podría ser aplicada a la proyección de un conjunto de helióstatos, así como utilizada en tareas diarias de operación y mantenimiento de un campo de helióstatos.

2. Objetivos y justificación.

Este proyecto tiene como objetivo fundamental obtener los parámetros matemáticos de una imagen de ejemplo de la proyección de la radiación solar reflejada por un helióstato de la Plataforma Solar de Almería (CIEMAT) sobre una diana. Con dichos parámetros se construirá un estimador de la cantidad de radiación solar concentrada. Para ello se utilizarán como herramientas la librería de código abierto OpenCV a través de su interfase en lenguaje Python/C/C++ y sobre el sistema operativo UNIX/Linux. Se utilizarán las primitivas que dicho sistema ofrece para obtener la medida del tiempo de cómputo de cada parámetro ante diferentes configuraciones de computador (concurrencia, paralelismo, ...). [**?**] [**?**] [**?**]

3. Helióstatos.

Un helióstato es un conjunto de espejos que establecen una superficie grande y se mueven sobre uno o dos ejes, normalmente en montura acimutal, lo que permite, con los movimientos apropiados, mantener el reflejo de los rayos solares que inciden sobre él, se fijen en todo momento en un punto o superficie. Haciendo esto, los rayos que refleja el helióstato pueden ser dirigidos hacia un solo punto (o superficie) durante todo el día.

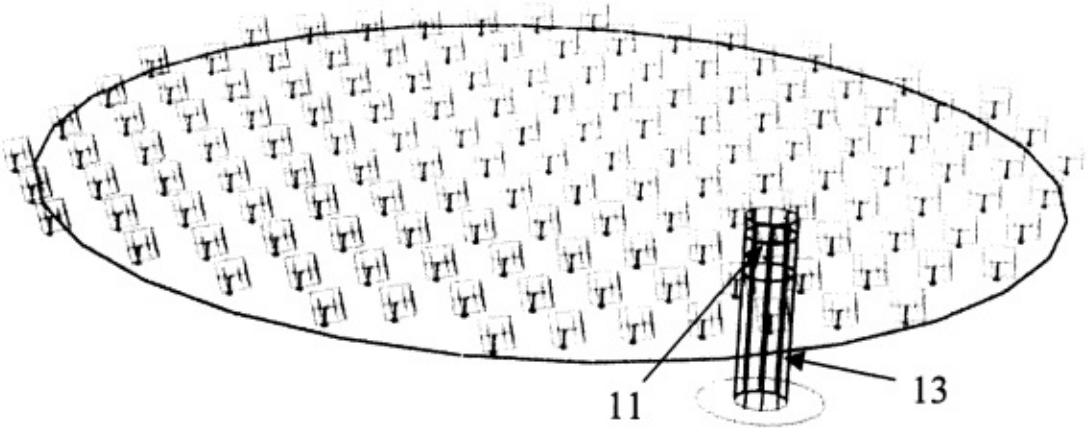
Se utilizan fundamentalmente en observaciones astronómicas para mantener fija la imagen del Sol o de un astro sobre el aparato de observación, en cuyo caso suelen ser de pequeñas dimensiones. La aplicación de este proyecto es en el uso de centrales

solares termoeléctricas para concentrar la energía solar sobre el receptor, y conseguir así altas temperaturas. Estos helióstatos suelen ser grandes, llegando a tener más de 120 m2.

En experimentación y pruebas de materiales a altas temperaturas, un conjunto suficientemente alto de helióstatos puede concentrar los rayos solares hasta conseguir temperaturas de más de 2000 °C.

Los primeros helióstatos considerados como elementos industriales se desarrollaron a los inicios de la década de los ochenta para las plantas experimentales termosolares de receptor central, con el propósito de probar la viabilidad de la energía solar térmica en los procesos de producción de electricidad a escala industrial. Las figuras 1 y 2 muestran, respectivamente, un campo de helióstatos y un helióstato.

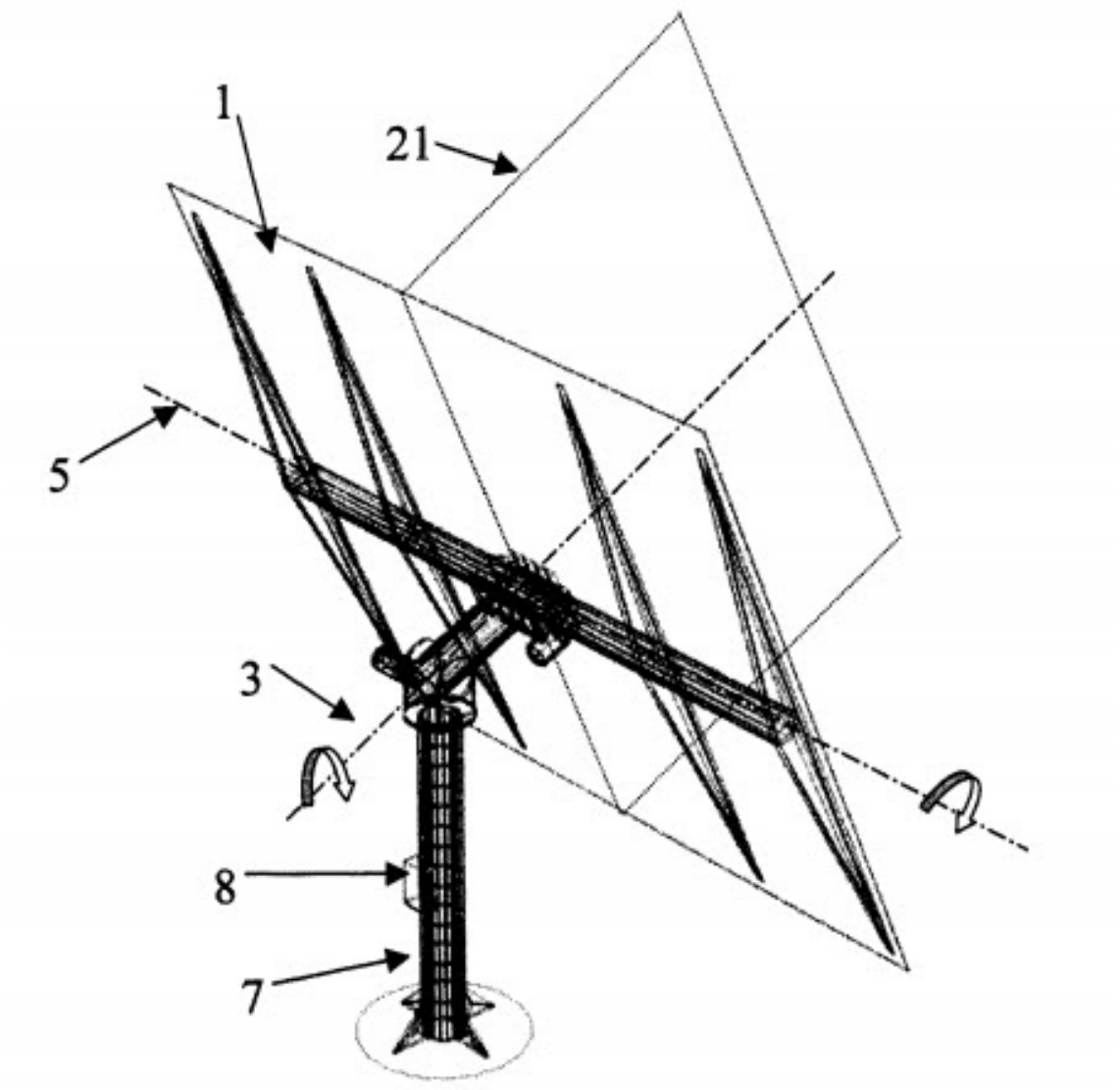
4. Helióstato con sensor de reflexión.



(1).jpg (1).jpg
[**?**]

Figura 1.

El helióstato con sensor de reflexión es un helióstato perteneciente a un campo solar que refleja los haces de luz que llegan a él dotado de un mecanismo de seguimiento solar. Se trata de una invención que pertenece dentro del área de la termotecnia, al campo de la producción de energía a partir de la radiación solar.



[?]

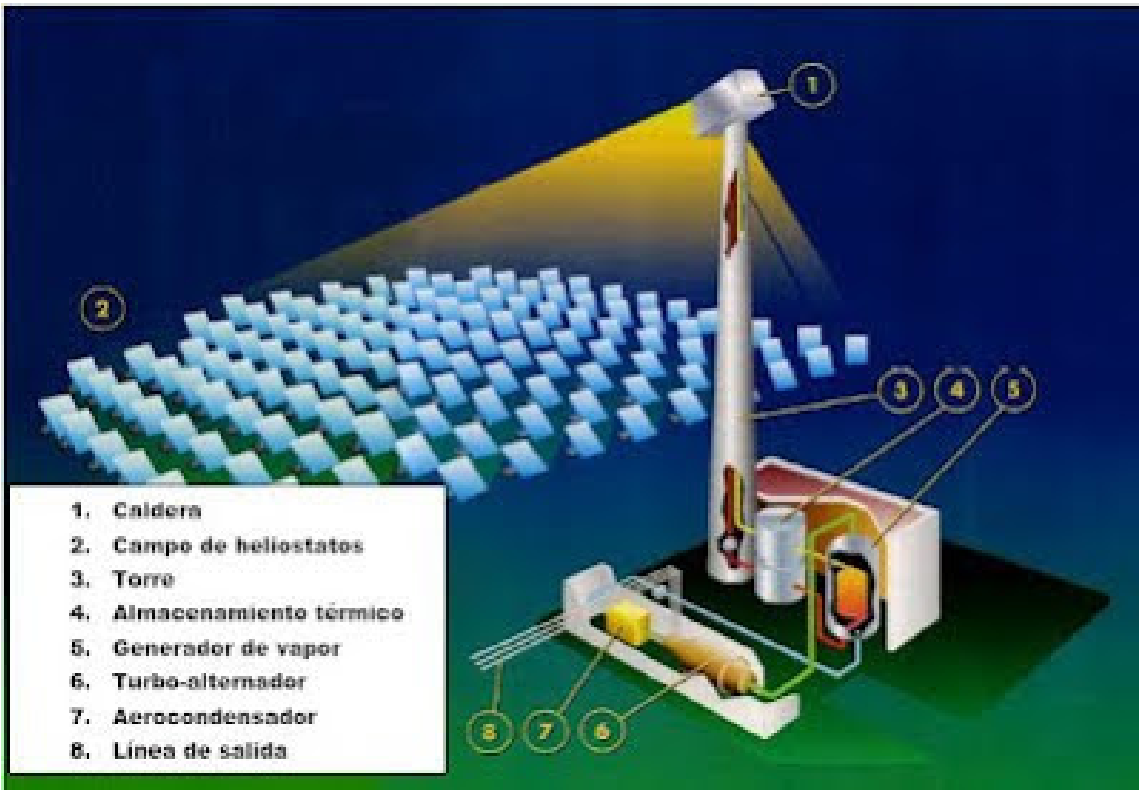
Figura 2.

Desde mediados del siglo XX se vienen realizando investigaciones para intentar transformar esa energía en electricidad. Es por esto que se han desarrollado helióstatos que concentran haces de luz sobre un receptor central que contiene un fluido logran alcanzar temperaturas suficientes como para producir grandes cantidades de vapor de agua que genera electricidad a través de una turbina, normalmente en un ciclo de Rankine.

[?] [?]

5. Funcionamiento de la central solar de receptor central o de tipo torre.

Una central solar de tipo torre central, está formada por un campo de helióstatos que reflejan la luz del sol y concentran los haces reflejados en una caldera situada sobre una torre de gran altura.



(2).jpg (2).jpg

En la caldera, el aporte calorífico obtenido es transferido a un fluido térmico. Dicho fluido es conducido hacia un generador de vapor donde transfiere el calor a agua se convierte en vapor, y acciona los álabes del grupo turbina-alternador generando energía eléctrica. El vapor es posteriormente condensado en un aerocondensador para repetir el ciclo.

La producción de una central térmica depende de una serie de factores:

La cantidad de horas que este fluido esté expuesto al sol. El lugar donde la fábrica esté situada. La calidad de los depósitos de almacenamiento del fluido.

La energía producida, después de ser transformada, es transportada mediante líneas a la red general. [**?**]

La potencia de la torre central va de los 10 a los 200 MW, habiéndose instalado ya diferentes plantas comerciales.

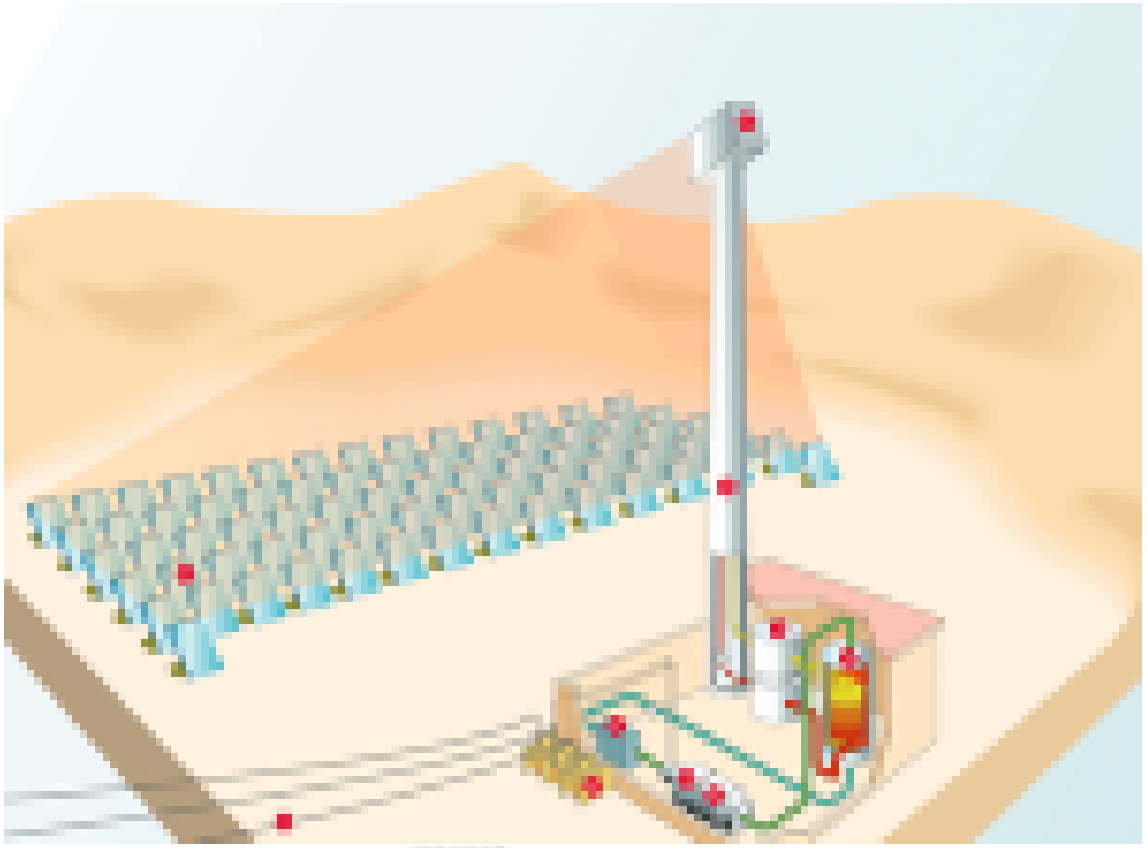
Su buen funcionamiento para obtener el máximo aprovechamiento depende de la latitud y climatología (situación geográfica) a la que está sometida, así como los procedimientos de mantenimiento, operación y control de la planta.

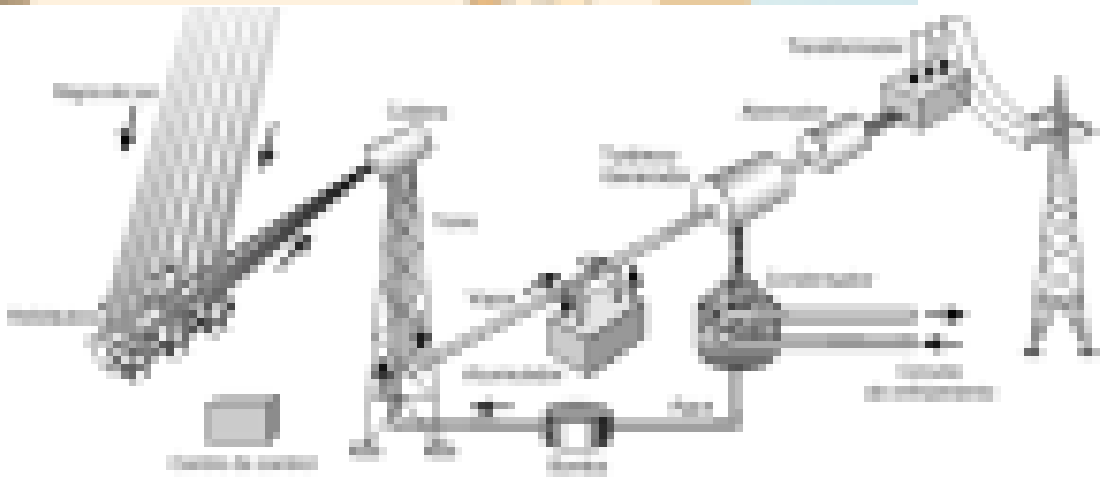
Hay fundamentalmente dos tipos de configuración: una en la que los helióstatos rodean completamente a la torre central, y otra en la que los helióstatos están colocados al norte o sur de la torre.

BENEFICIOS DE LA TORRE CENTRAL: Conforme se haya hecho la inversión y la instalación, ya no generará gastos mayores, el único será el del mantenimiento. No requiere el uso de combustibles, lo que evita el riesgo de almacenar combustibles. No contamina, ya que la energía solar no produce desechos, residuos ni vapores.

INCONVENIENTES: Se debe de instalar en lugares en donde la radiación del sol sea durante el mayor tiempo posible durante todo el día. Todo su sistema mecánico es más complejo que otros sistemas. Se necesitan acumuladores de calor para poder usar este dispositivo para cuando no haya radiación.

En la turbina se genera la energía eléctrica, y de ahí pasa a un generador y un transformador y finalmente a una subestación; mientras que el vapor de agua pasa a un condensador y a un sistema de enfriamiento para posteriormente pasar por una bomba a la caldera donde el ciclo se repite. [**?**] [**?**] [**?**]





(1).png (1).png

6. Ejemplos de centrales de receptor central.

6.1. Plantas PS10 y PS20.

PS10: La megatorre sevillana de la energía solar (y cómo funciona).

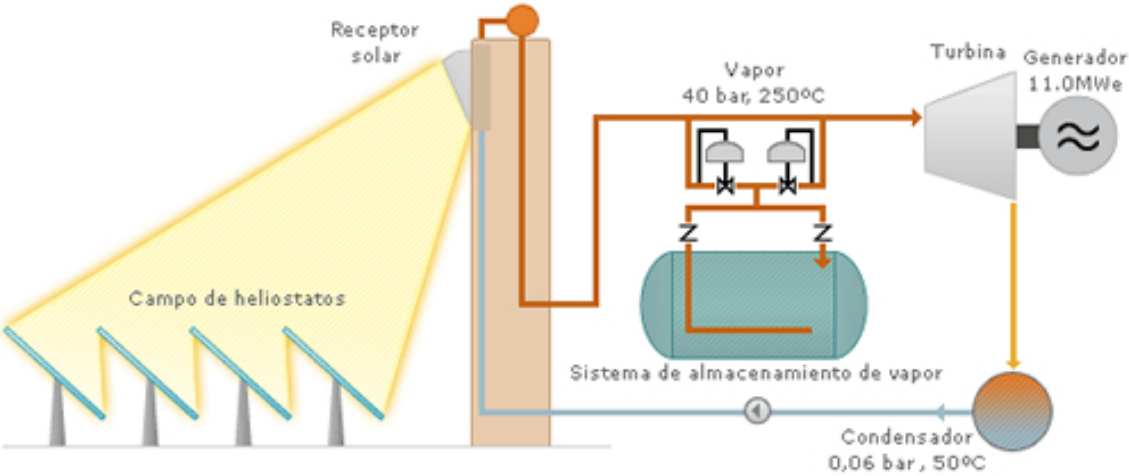
(4).jpg (4).jpg
Planta Solúcar PS10 En Sanlúcar la Mayor, a 18 kilómetros de Sevilla, la empresa española Abengoa construyó una estación solar de generación de electricidad.

(3).jpg (3).jpg

Campo de helióstatos y torre Inaugurada en el año 2007, la PS10 fue la primera central solar termoeléctrica (de carácter comercial) de torre central y campo de helióstatos instalada en el mundo. Utiliza paneles de espejo para generar 11 megavatios. Sólo PS10, PS20 y Solnovas, que se reúnen en la conocida como Planta Solúcar, operan comercialmente un total de 183 MW, produciendo energía anual equivalente a 94.000 hogares, y evitando así la emisión de más de 114.000 toneladas anuales de CO2 a la atmósfera. La PS10 está formada por 624 helióstatos y una torre solar de 114 metros de altura. El campo de espejos o helióstatos refleja la luz solar sobre un receptor en la parte superior de la torre.

(5).jpg (5).jpg

Esta torre se encuentra en el centro de la estación PS10 Solúcar. En la parte superior, el receptor solar consiste en una serie de paneles de tubos que operan a muy alta temperatura y por los que circula agua a presión. Este receptor se calienta por efecto de la luz solar y genera vapor saturado a 257 °C. El vapor que se produce es almacenado parcialmente en unos tanques acumuladores para ser utilizado cuando no haya suficiente producción; el resto es enviado a accionar una turbina que genera la electricidad.



(7).jpg (7).jpg

Esquema de funcionamiento Los 624 helióstatos circundantes, cada uno con una superficie de 120 metros cuadrados, producen el reflejo para que el sistema pueda

convertir alrededor del 17 por ciento de la energía de la luz solar en 11 megavatios de electricidad. Como punto de comparación, la planta PS20 (que se encuentra al lado) produce 20 MW de potencia mediante su torre de 160 metros de altura sobre un campo de 1.255 helióstatos. Por lo tanto, esta planta funciona calentando agua con luz solar y, con el vapor generado, mueve turbinas para crear electricidad.

(6).jpg (6).jpg 

Campo y torre PS10 [**?**]

PS20.

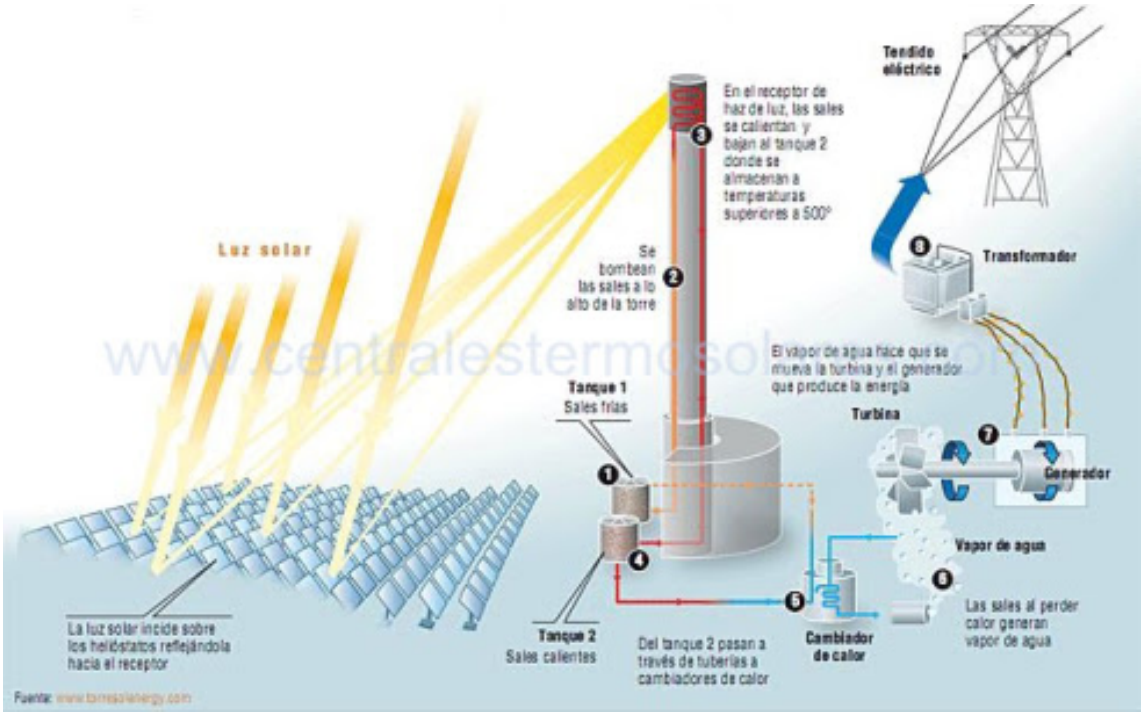
La PS20 (Planta Solar 20) es una planta comercial situada al lado de la PS10. A diferencia de la PS10, la PS20 cuenta con 85 hectáreas y con 1.255 helióstatos que reflejan los rayos al receptor situado en la parte superior de la torre de 160 metros de altura. La PS20 dispone con un sistema de almacenamiento de 1 hora, con un receptor más eficiente y un sistema de control y operación mejor que le permiten producir 20 MW que abastecen a 10.000 hogares anualmente.

(2).png (2).png
Helióstato PS10

(3).png (3).png
[**?**]

6.2. Planta termosolar Gemasolar.

Gemasolar es una planta de energía solar por concentración con sistema de almacenamiento térmico en sales fundidas situada en Sevilla, España. Es la primera a escala comercial en aplicar la tecnología de receptor de torre central y almacenamiento térmico en sales fundidas. La superficie de esta planta ocupa aproximadamente 158 hectáreas. Características: Potencia eléctrica de 19,9 MW. La producción neta esperada es de 110 GWh/año. Capaz de suministrar energía limpia y segura que reduce en más de 50.000 toneladas al año de emisiones de CO2. La planta está formada por: 2.650 heliostatos de 120 m2 que forman círculos concéntricos alrededor de la torre que disponen de un mecanismo que posiciona con precisión la superficie de los espejos. Una torre que en lo alto se encuentra el receptor de haz de luz compuesto por paneles. 2 tanques: uno de sales frías y otro de sales calientes. Un cambiador de calor; un generador y transformador. Su funcionamiento se ilustra en la siguiente imagen:



(8).jpg (8).jpg

Tanque 1: Sales frías. Se bombean las sales a lo largo de la torre. En el receptor de haz de luz, las sales se calientan y bajan al tanque 2 donde se almacenan a temperaturas superiores a 500º. Tanque 2: Sales calientes. Cambiador de agua. Las sales al perder calor generan vapor de agua. El vapor de agua hace que se mueva la turbina y el generador que produce la energía. Transformador. La energía pasa al tendido eléctrico. La planta no solo funciona como una central solar sino también como una central térmica (cuando no hay luz solar) gracias a su sistema de concentración de sales y a partir de ahí también generar electricidad. También podemos decir que gracias a esto la planta asegura obtención de energía las 24 horas del días en situaciones de baja insolación, en las madrugadas y varios meses al año. Es tal el éxito de la planta sevillana que muchos profesionales del sector buscan aplicar las energías limpias a las pequeñas urbanizaciones y así hacer posible su aplicación a la vida cotidiana. [**?**]

6.3. Planta termosolar de receptor central de Ivanpah.

El Sistema de generación eléctrica solar Ivanpah es una planta termosolar concentrada en el desierto de Mojave. Está ubicado en la base de Clark Mountain en California, a través de la línea estatal desde Primm, Nevada. La planta tiene una capacidad bruta de 392 megavatios (MW). Su campo solar está formado por 173,500 helióstatos, de 14.05 m2 cada uno proyectando en tres torres la energía solar refle-

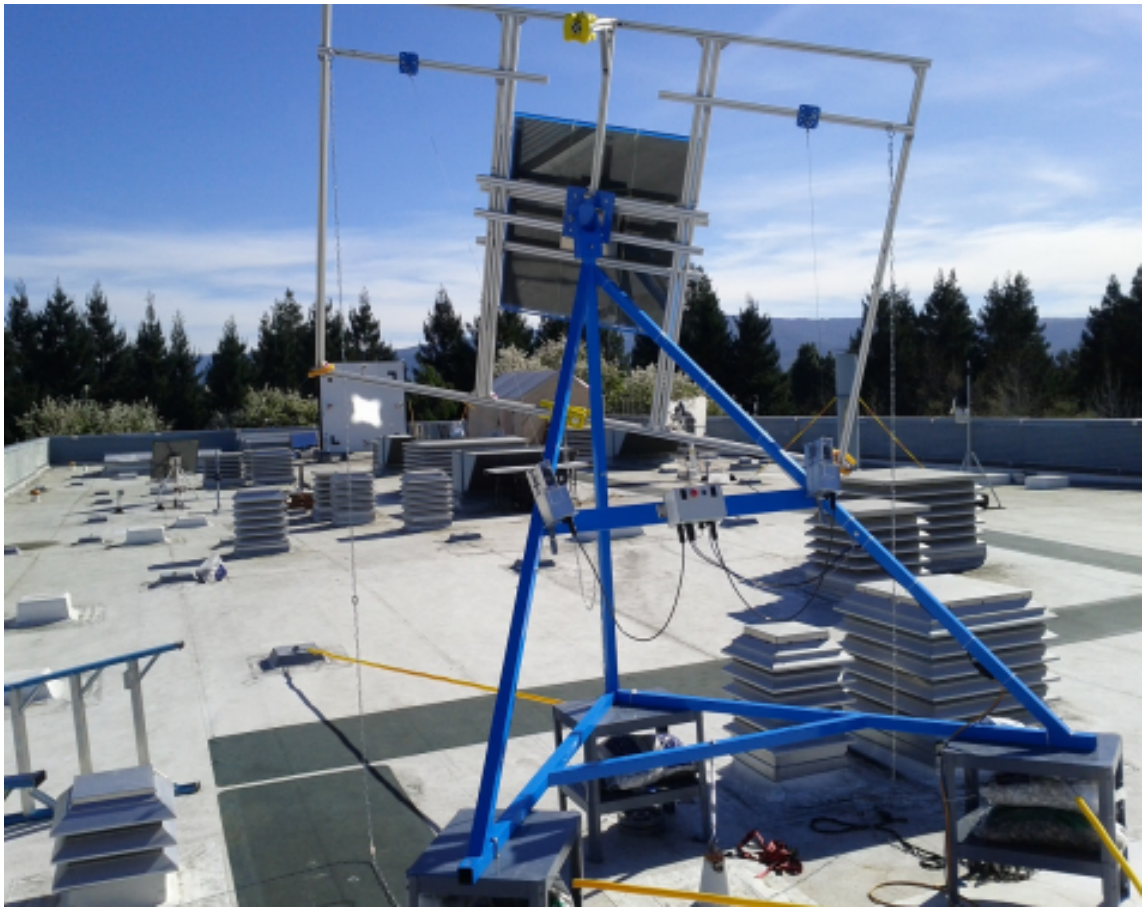
jada. La primera unidad del sistema se conectó a la red eléctrica en septiembre de 2013 para una prueba de sincronización inicial. La instalación abrió formalmente el 13 de febrero de 2014. En 2014, fue la estación de energía solar térmica más grande del mundo.

Los campos de espejos de helióstatos enfocan la luz solar en los receptores ubicados en torres de energía solar centralizadas. Los receptores generan vapor para accionar turbinas de vapor especialmente adaptadas.

Para la primera planta, se ordenó el mayor grupo generador de turbina de vapor con energía solar, con una turbina de recalentamiento de caja única Siemens SST-900 de 123 MW. Las plantas no tienen almacenaje, y calientan el vapor a 550 °C directamente en los receptores. La potencia total instalada de la planta de Ivanpah es de 377 MW eléctricos.

La instalación, con un costo de $ 2.2 mil millones, fue desarrollada por BrightSource Energy y Bechtel. [**?**]

6.4. Proyecto de Google RE<C.



Un helióstato prototipo manteniendo la luz en el objetivo. [**?**]

Introducción.

RE<C fue una iniciativa de Google para impulsar la innovación en energía renovable, con el objetivo de hacer que la energía renovable sea lo suficientemente barata para competir cara a cara con las centrales eléctricas de carbón.

Las plantas de energía solar concentradas (CSP) usan espejos o lentes para enfocar una gran cantidad de luz solar sobre un objetivo que absorbe calor, llamado receptor. El intercambiador de calor del receptor crea vapor a alta presión, que luego impulsa una turbina para alimentar un generador eléctrico. La refrigeración por agua en spray se utiliza normalmente para condensar el vapor.

La CSP modular de "torre de energía" utiliza un motor de turbina de gas más pequeño (Brayton) para realizar la conversión de energía. Los motores Brayton no necesitan refrigeración por rociado con agua y, de ese modo, se adaptan mejor a los

ambientes secos del desierto.

El otro componente principal de una planta de energía CSP es un campo de espejos controlados, llamados helióstatos. Este campo tiene miles de metros cuadrados de helióstatos que concentran la energía solar en el receptor de la central eléctrica.

Nuestro diseño del helióstato.

El módulo reflector.

Cada helióstato tenía un espejo de enfoque de 2m x 3m articulado en la parte superior de su marco. El módulo reflector del espejo estaba hecho de vidrio.

El marco del helióstato y la base.

Muchos marcos y bases de helióstatos existentes son estructuras sólidas montadas sobre una base de hormigón vertido en un sitio plano. Utilizan accionamientos de precisión y grandes actuadores para realizar apuntamientos rígidos. Fue sujetado por un anclaje de tierra. Montados en el bastidor había dos accionadores de cable que usaban pequeños motores baratos.

El diseño del campo.

Cada uno de nuestros sistemas modulares de conversión de potencia del motor Brayton fue diseñado para producir una salida eléctrica planificada de 890kW por torre.

Establecimos un tamaño de campo de 862 helióstatos alrededor de una torre de 44 m, cada helióstato es de aproximadamente 6m2. Los helióstatos tienen disposición hexagonal.

Requisitos de focalización del sistema de control.

Para convertir la energía de manera eficiente, el motor Brayton requiere un receptor de cavidad de temperatura más alta que el receptor típico de una planta de vapor.

Un receptor de mayor temperatura requiere una abertura más pequeña para reducir la pérdida de calor radiante.

Sistema de detección y control.

El sistema de control es capaz de controlar simultáneamente los puntos de luz desde múltiples helióstatos a un alto grado de precisión a un lugar deseado en un objetivo.

Se utilizó un acelerómetro de 3 ejes montado en helióstato de bajo costo combinado con un sistema central de fotometría multiscópica para resolver las posiciones de puntos de luz individuales en el objetivo.

Mitigación del viento.

Las áreas de tierra grandes y planas donde es más probable que se construyan los helióstatos son también las áreas más propensas al viento.

Los helióstatos a lo largo del borde exterior de un campo protegen a los helióstatos en el medio de gran parte del impacto del viento. Las cercas de viento simples también reducen el impacto del viento en los helióstatos. [**?**]

6.5. Torres CESA y CRS de la Plataforma Solar de Almería.

La instalación CESA-1 de 7MWt

(4).png (4).png
Instalación CESA. [**?**]

El proyecto CESA-I fue promovido por el Ministerio de Industria y Energía de España e inaugurado en mayo de 1983 para demostrar la viabilidad de las plantas solares de receptor central y para permitir el desarrollo de la tecnología necesaria. En la actualidad CESA-I ya no produce electricidad, sino que se opera, con un alto grado de flexibilidad, como una instalación de ensayo de componentes y subsistemas como helióstatos y receptores solares. La instalación capta la radiación solar directa por medio de un campo de 300 helióstatos. La torre es de hormigón y tiene una altura de 80 m, siendo capaz de soportar una carga de 100 toneladas. A lo largo de la torre hay tres niveles de ensayo: Una cavidad adaptada para su uso como horno

solar y ensayo de materiales. Una cavidad con un banco calorimétrico de ensayo de receptores volumétricos presurizados. Una instalación de ensayo de receptores volumétricos atmosféricos. La torre se completa con una grúa en la parte superior con 5 toneladas de capacidad y un elevador montacargas con capacidad para 1.000 kg. [**?**]

La instalación SSPS-CRS de 2,5 MWt

(6).png (6).png
Instalación CRS. [**?**]

La planta SSPS-CRS fue inaugurada como parte del proyecto SSPS (Small Solar Power Systems) de la Agencia Internacional de la Energía en Septiembre de 1981. Es una instalación de ensayos dedicada al ensayo de pequeños receptores solares. El campo de helióstatos está formado por 91 unidades, aunque también existe un segundo campo con 20 helióstatos. El campo de helióstatos CRS ha sido recientemente mejorado con la conversión de todos sus helióstatos en unidades autónomas. En la actualidad, la instalación CRS dispone del primer campo de helióstatos autónomos, que no precisa del uso de zanjas ni cableados. La torre, de 43 m de altura, es metálica y dispone de tres plataformas de ensayo. La infraestructura de la torre se completa con una grúa con capacidad para 4.000 kg y un elevador de cremallera con capacidad para 1.000 kg. Para la caracterización del mapa de flujo de la radiación solar concentrada en ambas torres, se utilizan dos sistemas de medida de flujo: directo e indirecto. El sistema de medida directo consiste en una serie de calorímetros con tiempos de respuesta de microsegundos; están dispuestos en una barra móvil y montada frente a la apertura del receptor. El sistema de medida indirecto consta de una cámara CCD que utiliza un sensor de flujo para la calibración convirtiendo la escala de gris de las imágenes tomadas por la cámara en valores de flujo. [**?**]

7. El lenguaje de programación Python.

Historia Python fue creado a finales de los ochenta por Guido van Rossum en el Centro para las Matemáticas y la Informática (CWI, Centrum Wiskunde e Informatica), en los Países Bajos. El nombre del lenguaje proviene de la afición de su creador por los humoristas británicos Monty Python. Van Rossum es el principal autor de Python. En 1991, van Rossum publicó el código de la versión 0.9.0 en alt.sources. En esta etapa del desarrollo ya estaban presentes clases con herencia, manejo de excepciones, funciones y los tipos modulares, como: str, list, dict, entre otros. Además en este lanzamiento inicial aparecía un sistema de módulos adoptado de Modula-3. El modelo de excepciones en Python es parecido al de Modula-3, con la adición de una cláusula else. En el año 1994 se formó comp.lang.python, el foro de discusión principal de Python, marcando un hito en el crecimiento del grupo de usuarios de este lenguaje. Python alcanzó la versión 1.0 en enero de 1994. Una característica de este lanzamiento fueron las herramientas de la programación funcional: lambda, reduce, filter y map. La última versión liberada proveniente de CWI fue Python 1.2. En 1995, van Rossum continuó su trabajo en Python en la Corporation for National Research Initiatives (CNRI) en Reston, Virginia, donde lanzó varias versiones del software. Durante su estancia en CNRI, van Rossum lanzó la iniciativa Computer Programming for Everybody (CP4E), con el fin de hacer la programación más accesible a más gente, con un nivel de 'alfabetización' básico en lenguajes de programación. En el año 2000, el equipo principal de desarrolladores de Python se cambió a BeOpen.com para formar el equipo BeOpen PythonLabs. CNRI pidió que la versión 1.6 fuera pública, continuando su desarrollo hasta que el equipo de desarrollo abandonó CNRI; su programa de lanzamiento y el de la versión 2.0 tenían una significativa cantidad de traslapo. Python 2.0 fue el primer y único lanzamiento de BeOpen.com. Después que Python 2.0 fuera publicado por BeOpen.com, Guido van Rossum y los otros desarrolladores de PythonLabs se unieron en Digital Creations. Python 2.0 tomó una característica mayor del lenguaje de programación funcional Haskell: listas por comprensión. La sintaxis de Python para esta construcción es muy similar a la de Haskell, salvo por la preferencia de los caracteres de puntuación en Haskell, y la preferencia de Python por palabras claves alfabéticas. Python 2.0 introdujo además un sistema de recolección de basura capaz de recolectar referencias cíclicas. Posterior a este doble lanzamiento, y después que van Rossum dejara CNRI para trabajar con desarrolladores de software comercial, quedó claro que la opción de usar Python con software disponible bajo GNU GPL era muy deseable. La licencia usada entonces, la Python License, incluía una cláusula estipulando que la licencia estaba gobernada por el estado de Virginia, por lo que, bajo la óptica de los abogados de Free Software Foundation (FSF), se hacía incompatible con GPL. CNRI y FSF se relacionaron para cambiar la licencia de software libre de Python para hacerla compatible con GPL. En el año 2001, van Rossum fue premiado con

FSF Award for the Advancement of Free Software. Python 1.6.1 es esencialmente el mismo que Python 1.6, con unos pocos arreglos de bugs, y con una nueva licencia compatible con GPL. Python 2.1 fue un trabajo derivado de Python 1.6.1, así como también de Python 2.0. Su licencia fue renombrada a: Python Software Foundation License. Todo el código, documentación y especificaciones añadidas, desde la fecha del lanzamiento de la versión alfa de Python 2.1, tiene como dueño a Python Software Foundation (PSF). Una innovación mayor en Python 2.2 fue la unificación de los tipos en Python (tipos escritos en C), y clases (tipos escritos en Python) dentro de una jerarquía. Esa unificación logró un modelo de objetos de Python puro y consistente. También fueron agregados los generadores que fueron inspirados por el lenguaje Icon. Las adiciones a la biblioteca estándar de Python y las decisiones sintácticas fueron influenciadas fuertemente por Java en algunos casos: el package logging, introducido en la versión 2.3, está basado en log4j; el parser SAX, introducido en 2.0; el package threading, cuya clase Thread expone un subconjunto de la interfaz de la clase homónima en Java. Modo interactivo El intérprete de Python estándar incluye un modo interactivo en el cual se escriben las instrucciones en una especie de intérprete de comandos: las expresiones pueden ser introducidas una a una, pudiendo verse el resultado de su evaluación inmediatamente, lo que da la posibilidad de probar porciones de código en el modo interactivo antes de integrarlo como parte de un programa. Esto resulta útil tanto para las personas que se están familiarizando con el lenguaje como para los programadores más avanzados. Existen otros programas, tales como IDLE, bpython o IPython, que añaden funcionalidades extra al modo interactivo, como el autocompletado de código y el coloreado de la sintaxis del lenguaje. Ejemplo del modo interactivo: >>>1 + 1 2 >>>a = range(10) >>>print(list(a)) [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] [**?**]

8. Usos de Python.

Es una gran multiplataforma Python es un lenguaje de programación interpretado, por lo que funciona en cualquier tipo de sistema que integre su interpretador. A parte de esta ventaja, Python nos ofrece dialectos como el ya conocido Jython, que se utiliza para escribir en Java.

Frameworks de gran utilidad Python no sólo es multiplataforma y multiparadigma, sino que también nos servirá para desarrollar cualquier tipo de vía, como por ejemplo web o móvil. Para que esto se lleve a cabo, este lenguaje de programación cuenta con frameworks de gran calibre, los cuales auxilian desde el desarrollo web, hasta el desarrollo de juegos o algoritmos científicos de cálculos avanzados.

Es libre y nos ofrece código abierto Si hablamos de la licencia que posee, ésta es Python Software Foundation License, licencia muy parecida a la de GPL, pero en-

contrando la excepción de que se pueden distribuir los binarios del lenguaje sin tener que anexar las fuentes.

Empresas de alto prestigio utilizan Python para programar todo tipo de aplicaciones y servicios Python se encuentra en multitud de aplicaciones y servicios que usamos habitualmente. Ostenta una gran lista de usuarios de gran calibre como Google, YouTube o Facebook, los cuales utilizan este lenguaje de programación. Poco a poco Python va ganando territorio y, entre los entendidos, se ha convertido en uno de los lenguajes más solicitados y, sobretodo, más esenciales del momento. Gran calidad en su sintaxis La sintaxis que nos ofrece este lenguaje de programación es una de sus características más notorias. En Python, un bloque de código interno como puede ser un 'if', se crea a través de indentaciones, lo que fuerza al desarrollador a indentar su código fuente garantizando una legibilidad notoria. Otras de sus funciones son las de reducir el uso de caracteres como '=', '', '', entre otros, y de ser capaz de escribir un 'for' que testee una determinada secuencia.

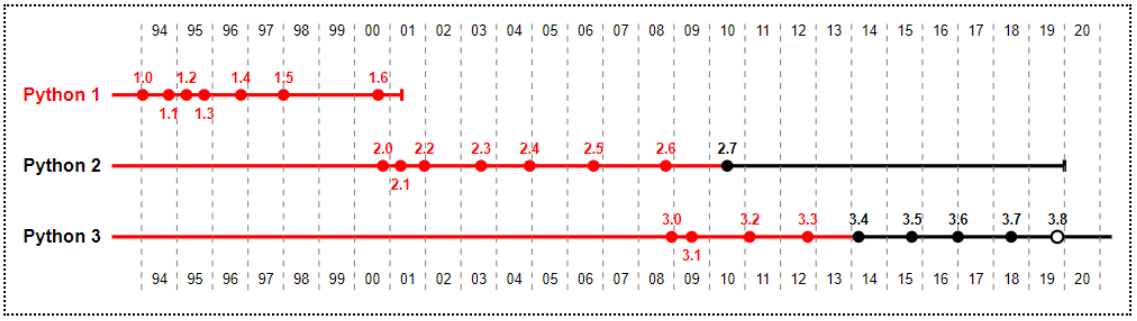
Python: programación orientada a objetos Si hablamos de programación orientada a objetos, podemos decir que nos encontramos ante un paradigma que propone modelar todo en función a clases y a objetos, el cual nos ofrece un uso de conceptos de cohesión, polimorfismo, herencia, abstracción y mucho más. Este paradigma de programación se utiliza para tratar el rápido aumento en el tamaño y la complejidad de los sistemas de software, y facilitar la modificación de esos grandes y complicados sistemas a lo largo del tiempo.

Nos ofrece un tipado dinámico fuerte Por último, cabe destacar la fácil atribución de una variable que nos ofrece a cualquier tipo de valor, y lo mejor de todo, en cualquier lugar de su código fuente. [**?**]

9. Versiones de Python.

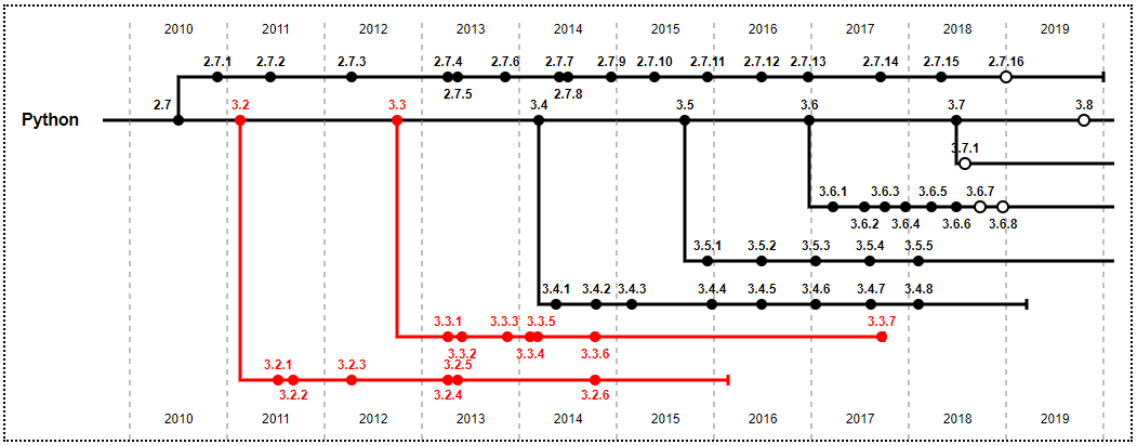
Guido van Rossum ideó el lenguaje Python a finales de los 80 y comenzó a implementarlo en diciembre de 1989. En febrero de 1991 publicó la primera versión pública, la versión 0.9.0. La versión 1.0 se publicó en enero de 1994, la versión 2.0 se publicó en octubre de 2000 y la versión 3.0 se publicó en diciembre de 2008. El desarrollo de Python lo lleva a cabo un colectivo de programadores que trabaja bajo el paraguas de la fundación Python Software Foundation, pero Guido van Rossum sigue dirigiendo el desarrollo de Python. Las versiones de Python se identifican por tres números X.Y.Z, en la que: X corresponde a las grandes versiones de Python (1, 2 y 3), incompatibles entre sí: Los principales cambios introducidos en Python 2 fueron las cadenas Unicode, las comprensiones de listas, las asignaciones aumentadas, los nuevos métodos de cadenas y el recolector de basura para referencias cíclicas.

Los principales cambios introducidos en Python 3 fueron la separación entre cadenas Unicode y datos binarios, la función print(), cambios en la sintaxis, tipos de datos, comparadores, etc. Por el momento, no hay planes de crear una nueva versión Python 4, incompatible con las anteriores. Y corresponde a versiones importantes en las que se introducen novedades en el lenguaje pero manteniendo la compatibilidad (salvo excepciones). Desde hace unos años, las versiones X.Y se publican aproximadamente cada año y medio y se mantienen durante cinco años, excepto la versión 2.7, que se mantendrá por lo menos durante diez años, hasta 2020. Z corresponde a versiones menores que se publican durante el período de mantenimiento, en las que sólo se corrigen errores y fallos de seguridad. Normalmente, se publica una última versión X.Y.Z justo antes de que una versión X.Y deje de mantenerse. Algunas empresas comerciales ofrecen el mantenimiento de versiones antiguas una vez acabado el mantenimiento oficial. La imagen siguiente muestra la fecha de publicación de las versiones principales de Python, en cada una de las tres grandes versiones, Python 1, Python 2 y Python 3. Las versiones indicadas con punto rojo se consideran obsoletas, las versiones indicadas con punto negro siguen publicando actualizaciones, las versiones indicadas con punto blanco corresponden a versiones futuras con fechas ya previstas.



(7).png (7).png

La imagen siguiente muestra la fecha de publicación de las últimas versiones menores de Python. Las versiones indicadas en rojo se consideran obsoletas, las versiones indicadas con punto blanco corresponden a versiones futuras con fechas ya previstas.



(8).png (8).png

Es posible tener instalados en el ordenador varias versiones de Python pero, salvo que sea necesario para la ejecución de programas o paquetes incompatibles, se recomienda instalar siempre la última versión disponible. Referencias Principales novedades en Python (documentación oficial): Python 2.X: 2.0 - 2.1 - 2.2 - 2.3 - 2.4 - 2.5 - 2.6 - 2.7 Python 3.X: 3.0 - 3.1 - 3.2 - 3.3 - 3.4 - 3.5 - 3.6 - 3.7 Planificación de la publicación de cada versión (release schedules): Python 2.X: 2.6 - 2.7 - 2.8 Python 3.X: 3.0 - 3.1 - 3.2 - 3.3 - 3.4 - 3.5 - 3.6 - 3.7 - 3.8 Sobre los cambios en Python 3 (Nick Coghlan) Cool New Features in Python 3.7, de Geir Arne Hjelle (27/06/18) Transición de Python 2 a Python 3 La transición de Python 2 a Python 3 ha resultado mucho más costosa de lo esperado, debido a que Python 3 introdujo muchos cambios en el lenguaje y obligaba a reescribir prácticamente todos los programas (aunque se han creado herramientas para ayudar en ese proceso). La intención inicial era haber terminado Python 2 con la versión 2.6, pero en 2010 se tuvo que publicar la versión 2.7, incorporando parte de las novedades de Python 3. Además, el período de mantenimiento de Python 2.7 se tuvo que duplicar de los cinco años habituales a diez, hasta 2020.

Un primer obstáculo en el proceso de transición de Python 2 a Python 3 ha sido la propia disponibilidad de Python 3 en las distribuciones GNU/Linux. Muchas herramientas internas de las distribuciones están escritas en Python y su conversión de Python 2 a Python 3 no era fácil, por lo que las distribuciones no podían pasar simplemente de incluir una versión a otra. Hasta 2015, Python 2 siguió siendo la versión predeterminada de Python en la mayoría de distribuciones GNU/Linux (aunque se podía instalar Python 3 sin problemas en ellas). Felizmente, esta situación está en vías de solución: Fedora hizo la transición a Python 3.4 en Fedora 23 (publicada en noviembre de 2015) [wiki de Fedora]. Eso quiere decir que RedHat Linux 8 (sin fecha de publicación prevista) usará Python 3. Posteriormente, Fedora 24 (publicada en junio de 2016) incluyó Python 3.5 y Fedora 26 (publicada en julio de 2017) incluyó Python 3.6. Ubuntu hizo la transición a Python 3.5 en Ubuntu 16.04 (publicada en abril de 2016) [wiki de Ubuntu] e incluye Python 3.6 en Ubuntu

18.04 (publicada en abril de 2018) [wiki de Ubuntu]. En abril de 2015 Debian empezó a discutir los planes de transición a Python 3. Debian 9 (publicado en junio de 2017) incluye Python 2.7.13 y Python 3.5.3 y Debian 10 (que se espera publicar en 2019) debería pasar completamente a Python 3 [artículo de Linux Week News del 29/04/15]. OpenStack, una importante plataforma de virtualización, incluyó soporte para Python 3 (concretamente, Python 3.5) en la versión Pike, publicada en agosto de 2017 Aunque las nuevas versiones de las distribuciones ya incluyan Python 3, las distribuciones que incluyen Python 2 seguirán instaladas en servidores durante bastantes años. Ese es el motivo por el que se vayan a seguir publicando actualizaciones de seguridad de Python 2.7 hasta 2020, como mínimo.

Un segundo obstáculo en el proceso de transición de Python 2 a Python 3 (y que ha afectado además a todos los sistemas operativos) ha sido la disponibilidad de las bibliotecas. Python cuenta con un gran número de bibliotecas, cuyo repositorio oficial es PyPI (Python Package Index), que facilitan la programación de aplicaciones complejas. Cuando se publicó Python 3, la inmensa mayoría de bibliotecas sólo estaban disponibles para Python 2 y, lógicamente, si un programa necesitaba alguna biblioteca que sólo estaba disponible para Python 2, el programa no se podía pasar tampoco a Python 3. Poco a poco, la mayoría de bibliotecas de Python han ido publicando versiones para Python 3, por lo que este problema también está en vías de solución. En marzo de 2016, un estudio de empleados de Microsoft señalaba que por aquel entonces algo más del 50 % de las bibliotecas estaban disponibles tanto para Python 2 como para Python 3, un 25 % estaban disponibles sólo para Python 2 y un poco menos del 25 % estaban disponibles sólo para Python 3, pero la tendencia parecía indicar que a mediados de 2016 Python 3 pasaría a ser la versión más popular. Varias páginas web hacen un seguimiento de la compatibilidad con Python 3 de las bibliotecas más populares Python 3 Wall of Superpowers (parece que desde abril de 2018 esta web ya no actualiza los datos) y Python 3 Readiness muestran cómo la inmensa mayoría de las bibliotecas más populares ya están disponibles en Python 3 la distribución GNU/Linux Fedora lleva el seguimiento de los paquetes de Python que forman parte de la distribución: paquetes y evolución. Drop Python muestra las bibliotecas más populares han dejado de dar soporte a las versiones obsoletas de Python (Python 2.6, Python 3.2 y Python 3.3). [**?**]

10. La biblioteca OpenCV.

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) se lanza bajo licencia BSD y, por lo tanto, es gratuito tanto para uso académico como comercial. Tiene interfaces C ++, Python y Java y es compatible con Windows, Linux, Mac OS, iOS y Android. OpenCV fue diseñado para la eficiencia computacional y con un fuerte enfoque en

aplicaciones en tiempo real. Escrito en C / C ++ optimizado, la biblioteca puede aprovechar el procesamiento de múltiples núcleos. Habilitado con OpenCL, puede aprovechar la aceleración de hardware de la plataforma informática heterogénea subyacente.

Adoptado en todo el mundo, OpenCV tiene más de 47 mil personas de usuarios y una cantidad estimada de descargas que supera los 14 millones. El uso va desde el arte interactivo hasta la inspección de minas, la costura de mapas en la web o la robótica avanzada. [**?**]

OpenCV, es una biblioteca informática de código abierto desarrollado originalmente por la visión de Intel . Es gratuito para uso comercial y la investigación bajo un licencia BSD. La biblioteca es multiplataforma y funciona en Mac OSX, Windows y Linux. Se centra principalmente hacia procesamiento imagen tiempo real como tal si encuentra Intel Integrated Performance Primitives sobre el sistema, utilizará estas rutinas optimizado comerciales a acelerarse. Diseño del proyecto

(9).jpg (9).jpg

OpenCV.

Lanzado oficialmente en 1999, el proyecto fue inicialmente OpenCV iniciativa de investigación del Intel para avanzar en la CPU aplicaciones de uso intensivo, que forma parte de una serie de proyectos, entre ellos en tiempo real el trazado de rayos y las paredes de visualización 3D. Los principales contribuyentes al proyecto incluye equipo de Intel la biblioteca de rendimiento. En los primeros días de OpenCV, los objetivos del proyecto se describe como: Avanzar en la investigación, proporcionando la visión no sólo libre, sino también el código optimizado para las infraestructuras básicas de la visión. Difundir el conocimiento de la visión de aportar una infraestructura común que los desarrolladores pueden construir, para que el código sería más

fácil lectura e intransferible. Promover la visión basada en aplicaciones comerciales, haciendo portátiles, rendimiento optimizado de código disponible de forma gratuita con una licencia que no requiere ser abierto o gratuitas.

Historia.

Desde que apareció su primera versión alfa en el mes de enero de 1999, se ha utilizado en infinidad de aplicaciones. Desde sistemas de seguridad con detección de movimiento, hasta aplicativos de control de procesos donde se requiere reconocimiento de objetos. Esto se debe a que su publicación se da bajo licencia BSD, que permite que sea usada libremente para propósitos comerciales y de investigación con las condiciones en ella expresadas. OpenCV es multiplataforma, existiendo versiones para GNU/Linux, Mac OSX y Windows. Contiene más de 500 funciones que abarcan una gran gama de áreas en el proceso de visión, como reconocimiento de objetos (reconocimientos facial), calibración de cámaras, visión estéreo y visión robótica. El proyecto pretende proporcionar un entorno de desarrollo fácil de utilizar y altamente eficiente. Esto se ha logrado, realizando su programación en código C y C++ optimizados, aprovechando además las capacidades que proveen los procesadores multi núcleo. OpenCV puede además utilizar el sistema de primitivas de rendimiento integradas de Intel, un conjunto de rutinas de bajo nivel específicas para procesadores Intel (IPP).

Funciones.

Captura en tiempo real. Importación de archivos de vídeo. El tratamiento básico de imágenes (brillo, contraste, umbral). Detección de objetos (cara, cuerpo). Blob detección.

Aplicaciones.

OpenCV ha sido usado en el sistema de visión del vehículo no tripulado Stanley de la Universidad de Stanford, el ganador en el año 2005 del Gran desafío DARPA OpenCV se usa en sistemas de vigilancia de vídeo OpenCV es la clave en el programa Swistrack, una herramienta de seguimiento distribuida

Lenguaje de programación.

La biblioteca fue originalmente escrita en C y esta interfaz C hace OpenCV portátil para algunas plataformas específicas,tales como procesadores de señal digital. OpenCV incluye tanto la interfaz de C tradicionales, así como una nueva interfaz C++, que busca reducir el número de líneas de código necesarias al código de la funcionalidad de la visión, así como reducir los errores comunes de programación, tales como la memoria fugas que pueden surgir al utilizar OpenCV en la mayoría de los nuevos desarrollos y algoritmos OpenCV C. Se desarrollan en el interfaz C++, es mucho

más difícil para las envolturas en otras lenguas de código C++ en lugar de código en C. [**?**] [**?**] [**?**]

11. Trabajo realizado en el proyecto.

12. Variables de entorno.

Antes de trabajar el código, hay que agregar unas variables de entorno en el sistema.

Para ello, se hace clic en Inicio, situado en la esquina inferior izquierda de la pantalla, y teclear 'Variables de entorno' para buscar esta configuración. Hacer clic en 'Editar las variables de entorno del sistema', el resultado que aparecerá. Y en la ventana que se abrirá, hacer clic en 'Variables de entorno'.

Por si acaso, en mi caso particular, he agregado las variables de entorno tanto para mi propio usuario como para el sistema completo. Las variables de entorno que deberán agregarse son:

Variable: Python35-32. Valor: C: \Users \Pc \AppData \Local \Programs \Python \Python35-32. Variable: Python36. Valor: C: \Users \Pc \AppData \Local \Programs \Python \Python36.

(Siendo 'Pc' el nombre de mi usuario; aquí se debe introducir el nombre de usuario correspondiente.)

Para agregar una variable de entorno, hacer clic en 'Nueva...'. Hay dos botones 'Nueva...'. El que se ubica arriba se agrega en el usuario específico del sistema, y el que se ubica abajo se agrega para todo el sistema en general. En 'Nombre de la variable' y 'Valor de la variable', introducir los datos mencionados anteriormente, y hacer clic en 'Aceptar'.

13. Instalación del software Python.

Para este trabajo de fin de grado, se necesitaba desarrollar un software usando un programa de ordenador: Python. La última versión disponible a la hora de realizar dicho trabajo era la 3.6.4. Se ha utilizado además la versión de 64 bits, debido a que mi PC donde desarrollé el programa monta esta arquitectura de CPU.

A continuación, se explicará cómo descargar Python 3.6.4.

Abrir un explorador de internet como Google Chrome, y buscar en Google 'Instalar Python 3.6.4 64 bits'. Pinchar en el resultado 'Python Release Python 3.6.4 —

Python.org'.

Una vez se haya accedido a esa página oficial de Python, realizar scroll hacia abajo para acceder a los archivos disponibles de esa versión de Python a descargar en el PC.

Pinchar en 'Windows x86-64 executable installer' para descargar en el PC el instalador de Python, el cual se encargará de instalar este programa.

La descarga se completará en cinco segundos. Pinchar en el archivo 'EXE' mostrado en la esquina inferior izquierda para abrir el instalador de Python.

Aparecerá esta ventana de instalación. A no ser que se desee agregar manualmente las variables de entorno de Python (con el fin de poder ejecutar Python desde la consola de comandos de Windows), hacer clic en 'Add Python 3.6 to PATH'. El propio instalador llevará a cabo este procedimiento. A continuación, hacer clic en 'Install Now'.

Se instalará Python en el sistema. Hay que esperar unos minutos para que este procedimiento se complete (cuando la barra verde se llene por completo).

Cuando finalice correctamente la instalación, se mostrará en la ventana del instalador 'Setup was successful'. Hacer clic en 'Close' para cerrar el instalador.

El icono de Python debería aparecer en el escritorio. Hacer doble clic para abrir el programa.

Si no aparece el icono de Python en el escritorio, hacer clic en el logotipo (o bandera) de Windows mostrado en la esquina inferior izquierda de la pantalla, y teclear 'idle'. Debería ya aparecer en el buscador de programas 'IDLE (Python 3.6 64-bit)'. Hacer clic ahí para abrirlo.

En el caso de querer agregar el icono del programa al escritorio (si no lo estaba), desde esa misma pantalla del buscador de programas, situar el cursor sobre el programa, hacer clic con el botón derecho del ratón, y seleccionar 'Abrir ubicación de archivo'. Se mostrará la ubicación exacta del archivo en el sistema, abriéndose la ventana del explorador de archivos de Windows.

Desde esa ventana, y haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre el programa (acceso directo) 'IDLE (Python 3.6 64-bit)', seleccionar desde el menú contextual 'Crear acceso directo'. Se creará un nuevo acceso directo a ese programa, en esta misma ventana, con nombre 'IDLE (Python 3.6 64-bit) (2)'.

Reducir el tamaño de la ventana, de forma parecida a la mostrada en esta captura de pantalla. Tras esto, simplemente habría que arrastrar y soltar este acceso directo

'IDLE (Python 3.6 64-bit) (2)' desde esa ventana al escritorio. Así, ya se tiene el programa en el escritorio.

14. Cómo usar el software.

Para usar y ejecutar el software en el PC descrito en este informe, especialmente por primera vez, se siguen las siguientes instrucciones:

Heliostatos

— Cómo abrir y ejecutar el proyecto de caracterización de helióstatos —

Nota: el código de este proyecto se realizó mediante el programa Python e IDLE 3.6.4.

1. Acceder a la página Web donde se ubica el proyecto: https://github.com/VictorRodri/Heliostatos 2. En ella, hacer clic en el botón verde 'Clone or download' >'Download ZIP'. 3. El proyecto se descargará en el disco duro del equipo, generalmente en 'Documentos' >'Descargas'. De lo contrario, especificar en qué ruta exacta del equipo se realizará la descarga. 4. Descomprimir el proyecto descargado previamente, usando un software como WinRAR: https://www.winrar.es/descargas 5. Instalar la última versión de Python desde su página Web oficial: https://www.python.org/downloads/ 6. Abrir la terminal de comandos de Windows. Para ello, hacer clic en 'Inicio' >'Ejecutar'. En la ventana que aparecerá, escribir en el cuadro de texto 'cmd' y pulsar Enter. 7. La terminal mostrará la ruta o directorio del sistema donde se ubica usted actualmente, como 'C: \Users \Pc>'. Ir navegando hasta encontrar el directorio que contiene el proyecto descomprimido previamente. Para acceder a una carpeta, escribir 'cd NombreCarpeta' y pulsar Enter. Para salir del directorio actual, escribir 'cd ..'. 8. Una vez se haya navegado al directorio que contiene el proyecto, ejecutarlo con el comando 'estimacion_potencia.py Videos/varios_heliostatos.mp4 50 50', siendo respectivamente el nombre del proyecto '.py' con el software ejecutable, el directorio que contiene el vídeo de helióstatos a ser procesado, y el ancho y alto mínimos del helióstato para su detección y análisis. 9. Durante aproximadamente un minuto, se ejecutará el software que consistirá en medir la radiación de energía que proyecta cada helióstato. Concretamente, la energía se calcula como la sumatoria de los cuadrados de cada componente BGR del helióstato. Aparecerán estos resultados en tiempo de ejecución en la consola, para cada fotograma del vídeo de helióstatos. 10. Si desea cancelar la ejecución del software, pulsar 'Ctrl+C'.

15. Diagrama de flujo.

El funcionamiento del código de helióstatos mediante la representación de un diagrama de flujo es el siguiente:

16. Funcionamiento del software y código.

El software consiste en la lectura y procesamiento de un vídeo guardado en el disco duro del ordenador personal y en formato MP4. El vídeo es de un conjunto de helióstatos que van entrando uno por uno en un panel solar y fusionándose todos entre sí. Y tras esto, los helióstatos van saliendo uno por uno de ese panel solar, hasta que no quede ninguno.

El código desarrollado es el siguiente:

Bibliotecas requeridas para este software. import cv2 import argparse import time import numpy as np

Para que funcione todo el código expuesto y elaborado a continuación, hay que importar en este caso las librerías 'cv2', 'argparse', 'time' y 'numpy' (esta última se ha asignado un nombre propio: 'np').

'cv2' permite el uso de distintas funcionalidades de Python. En este proyecto, se ha usado para la captura y lectura de un vídeo guardado en el sistema, convertirlo de color a escala de grises, aplicarle un umbral (diferenciar solo dos niveles de grises: u oscuros o claros), mostrar el vídeo original y umbralizado en pantalla y en reproducción (conforme el programa lo va analizando fotograma a fotograma), realizar pausas (breves o prolongadas) de la ejecución del código, detectar y localizar contornos (helióstatos) en el vídeo, calcular el ancho y alto en píxeles de los contornos, así como sus valores de área, calcular la sumatoria parcial y total de los valores de todos los píxeles BGR al cuadrado de cada helióstato, y dibujar un rectángulo verde o de otro color alrededor del contorno en el vídeo. 'argparse' es usado para proporcionar distintos parámetros desde la consola de Windows al ejecutar este código, de tal forma que el programa sea ejecutado de una forma u otra según la petición de datos del usuario, como las dimensiones del helióstato que el programa analizará, y así ignorar los helióstatos con dimensiones ajenas a las deseadas por el usuario. 'time' permite medir tiempos de ejecución de todo el código o de fragmentos de código, en segundos. Se utilizará para medir la tasa de 'frames' (fotogramas) por segundo de la lectura y procesado del vídeo de helióstatos, y así comprobar la eficiencia de la ejecución del programa. 'numpy' permite el manejo de arrays o vectores con el fin de recorrer y analizar una serie de datos en secuencia, como una matriz de dos dimensiones y con muchos valores numéricos guardados. Además, usar 'numpy' para

dicho fin es mucho más eficiente que otros métodos de análisis de datos en secuencia que no sean en arrays o vectores, como los típicos bucles 'for'.

start_time = time.time() # Obtener el tiempo de ejecución inicial de este programa. frame_counter = 0 # Contador de fotogramas totales del vídeo. Se irá incrementando progresivamente en líneas de código posteriores.

Obtener en segundos el tiempo de ejecución inicial del programa. Inicial porque esta línea de código se ubica en el comienzo del software. Declarar e inicializar a cero un contador de fotogramas del vídeo. Ambos datos serán usados para calcular los FPS (fotogramas por segundo) del vídeo de helióstatos, al final de este código.

Argumentos o parámetros necesarios para ejecutar este programa a través de la consola de Windows. parser = argparse.ArgumentParser(description='Parametros del programa.') # Dar un nombre al conjunto de parámetros y asignarlo a la variable 'parser'. parser.add_argument('directorioVideoHeliostatosCargar', type=str) # Crear el argumento 1: ruta o directorio del vídeo a cargar en el PC. parser.add_argument('anchoMinimo type=int) # Crear el argumento 3: ancho mínimo del helióstato para su análisis. parser.add_argument('altoMinimoHeliostato', type=int) # Crear el argumento 4: alto mínimo del helióstato para su análisis. parser.add_argument('umbralVideoHeliostatos', type=int) # Crear el argumento 5: umbral o nivel de color mínimo del vídeo de helióstatos a partir del cual podría estar detectándose un helióstato. parser.add_argument('numeroHelios type=int) # Crear el argumento 6: número máximo de helióstatos a detectar y analizar en cada fotograma del vídeo de helióstatos. args = parser.parse_args() # Devuelve información de los parámetros definidos previamente.

Permite que a la hora de ejecutar el programa desde la terminal de comandos de Windows, solicite al usuario la ruta del vídeo a cargar del sistema, el ancho y alto mínimos del helióstato para ser detectado y analizado por el programa, el umbral (o tonalidad del color) del vídeo a partir del cual el programa detectará los helióstatos, y el número máximo de helióstatos que el programa deberá detectar y analizar, para cada fotograma del vídeo de helióstatos. Por ejemplo: 'C: \Users \Pc \Desktop \TFG¿miCodigo.py Videos/varios_heliostatos.mp4 50 50 127 2'.

'parser = argparse.ArgumentParser(description='Parametros del programa.')'. Esta línea de código permite asignar un conjunto de parámetros o argumentos y de darles un nombre. Es guardado en la variable 'parser'. Partiendo de la anterior variable 'parser', se van designando los distintos argumentos, junto a sus nombres y tipos, como cadena o entero (según si la entrada del parámetro hay que escribir letras y/o caracteres, o simplemente números). 'args = parser.parse_args()'. Permite que, desde la variable 'args', cargar el argumento concreto, almacenado previamente cuando el programa solicitó al usuario los argumentos. Por ejemplo, si se desea comprobar cuál fue el ancho del helióstato que el usuario solicitó por parámetro en la conso-

la, se cargará y obtendrá el segundo argumento con la línea de código siguiente: 'args.anchoMinimoHeliostato'. Así, el programa realizará las medidas y operaciones oportunas de acuerdo al valor de este parámetro deseado por el usuario.

Mostrar en la consola este aviso de cuando se va a ejecutar el programa. print("") print("Iniciando programa...") print("")

Al iniciar la ejecución del programa, mostrará por consola que se ha iniciado su ejecución, con el aviso 'Iniciando programa...'. Este aviso solo aparecerá una vez durante toda su ejecución.

Leer secuencia de imágenes del vídeo a partir del directorio especificado por parámetro. camara = cv2.VideoCapture(args.directorioVideoHeliostatosCargar)

Partiendo del directorio especificado por el usuario, el programa leerá y cargará el archivo concreto, que deberá ser el vídeo de helióstatos. De lo contrario, la ejecución del programa no se realizará correctamente.

Declarar estos arrays con el fin de almacenar toda la información sobre los resultados de los helióstatos analizados en el vídeo de helióstatos. # Además, son usados especialmente con el fin de mostrar, para cada información, hasta dos resultados distintos (uno para cada helióstato) en una misma línea de texto, en la consola. heliostato = [] anchoAlto = [] areaTotal = [] sumaBGRparcial = [] sumaBGRtotal = []

Arrays que permiten almacenar y mostrar en consola toda la información y resultados sobre los helióstatos analizados en el vídeo de helióstatos. El uso concreto de estos arrays se debe a que con ellos es posible mostrar en consola y para cada información, hasta dos resultados distintos (uno para cada helióstato) en una misma línea de texto, de la forma que se explicará posteriormente. Así se evita el uso de demasiadas líneas de texto en la consola, y compactar toda la información posible en una sola. Estos arrays son vaciados una vez que se haya guardado la información correspondiente al helióstato (o helióstatos) del fotograma actual (en análisis) del vídeo de helióstatos, y posteriormente mostradas dichas informaciones de ese helióstato (o helióstatos) en consola. Todo este procedimiento se repite igual para los siguientes fotogramas de dicho vídeo de helióstatos.

Iteración 'while True' para cada fotograma del vídeo, hasta completar todos los fotogramas y llegar al final del vídeo (cambiaría automáticamente de True a False y el bucle 'while' finaliza). while True:

A partir de aquí y prácticamente hasta el final del código, todas las demás instrucciones se aplicarán para cada fotograma del vídeo de helióstatos.

Obtener frame. Para ello, se toma un fotograma del vídeo, se guarda en 'frame',

y si se ha hecho esta acción correctamente, 'grabbed' valdrá true (verdadero), y viceversa. (grabbed, frame) = camara.read()

Si se ha llegado al final del vídeo, romper la ejecución de este bucle 'while' y finalizar el programa. if not grabbed: break

Estas líneas de código se encargarán de indicar al programa si quedan más fotogramas por leer o no del vídeo de helióstatos, y así saber hasta cuándo dicho programa se mantendría en ejecución. Primero, 'camara.read()' obtiene el fotograma actual del vídeo, y lo guarda en la variable 'frame'. Si se ha hecho esta acción correctamente (debido a que quedan más fotogramas por leer del vídeo y no se ha llegado al final del mismo), 'grabbed' (justo al lado izquierdo de 'frame') valdrá 'true', y viceversa. Si se ha llegado al final del vídeo, 'grabbed' valdrá 'false' (porque ya no quedan más fotogramas por leer), y romperá la ejecución del presente bucle 'while' para que deje de leer más fotogramas del vídeo y finalice la ejecución de este programa. Esta ruptura es producida porque se cumple la condición de 'if not grabbed', así que desencadena la instrucción 'break'.

Convertir a escala de grises el fotograma actual del vídeo. Para ello, con la variable 'frame' (fotograma del vídeo) capturada anteriormente, se llama a la función 'cv2.COLOR_BGR2GRAY'. img = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

Aplicar un umbral a ese fotograma del vídeo. Parámetros de este método: imagen fuente en escala de grises, valor de umbral para clasificar los valores de píxeles de esa imagen, # valor máximo a ser representado si el valor del píxel supera al valor del umbral, aplicar un tipo concreto de umbralización (0 porque no se desea hacer esto). # NOTA: la variable 'ret' que recibe como resultado en este método no es usada en este programa así que se puede ignorar, esto es debido a que no se está aplicando umbralización de Otsu. ret, thresh = cv2.threshold(img, args.umbralVideoHeliostatos, 255, 0)

cv2.imshow("Camara2", thresh) # Mostrar vídeo umbralizado en una ventana.

cv2.waitKey(1) # El programa hará una pequeña pausa (1 milisegundo) para que de tiempo a que se muestren los vídeos y fotogramas en las dos ventanas que se han creado en este código para tal fin.

Buscar y detectar todos los contornos o helióstatos del fotograma actual del vídeo. # Parámetros del siguiente método: imagen umbralizada, devolver todos los contornos y crear una lista completa de jerarquía de familia, marcar la mínima cantidad de puntos (no todos) # que forman (delimitan) la figura (helióstato). Argumentos que devolverá dicho método: imagen fuente (sobra), modo de devolución del contorno, método de aproximación del contorno (sobra). im2, contours, hierarchy = cv2.findContours(thresh, cv2.RETR_TREE, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

Las siguientes líneas de código se encargarán de convertir cada fotograma del vídeo a escala de grises, aplicarle un umbral y detectar los contornos o helióstatos, así como mostrar en pantalla la visualización en vivo (al mismo tiempo que la ejecución del programa) del vídeo de helióstatos umbralizado.

Convertir a escala de grises el fotograma actual del vídeo. Basta con tomar la anterior variable 'frame' (fotograma actual del vídeo a color), y aplicar la línea de código 'cv2.COLOR_BGR2GRAY'. El fotograma convertido a escala de grises se guarda en la variable resultado 'img'. Aplicar un umbral al fotograma actual del vídeo en escala de grises (variable 'img' anterior). Un vídeo umbralizado en escala de grises permite diferenciar únicamente dos niveles de color: gris oscuro y gris claro. Así se facilitan las tareas de análisis y detección de contornos (helióstatos) en el vídeo. En este caso, el umbral definido ha sido de 'args.umbralVideoHeliostatos', siendo esta expresión el valor numérico proporcionado por parámetro por el usuario al ejecutar el programa (por ejemplo, 127), y el máximo típico de 255. Es decir, si el píxel del vídeo es gris oscuro, en una escala de grises 0-127, será tratado y pintado como negro. En otros casos (128-255), como blanco. Así para todos los píxeles de cada fotograma del vídeo, quedando un vídeo en blanco y negro puros. Blanco es el helióstato, y negro el fondo. El fotograma umbralizado se guarda en la variable resultado 'thresh'. Después, con el método 'imshow', se muestra en tiempo de ejecución y en una ventana el vídeo de helióstatos umbralizado. Es importante realizar después de las operaciones anteriores una pausa muy breve de un milisegundo para que el programa le de tiempo a mostrar los vídeos y fotogramas actualizados en las dos ventanas: vídeo normal y umbralizado. Para ello, se usa el método 'waitKey(1)', siendo '1' el tiempo de espera deseado en milisegundos. Buscar, detectar y delimitar todos los contornos o helióstatos del fotograma actual del vídeo umbralizado. Para ello, el método 'findContours' requiere de los parámetros necesarios para saber cuál es el fotograma umbralizado a tratar (variable 'thresh' obtenida previamente), cómo devolverá el o los resultados (en este caso devolverá todos los contornos detectados, y almacenados en lista completa de de jerarquía de familia), y cómo delimitará el contorno (en este caso usando la mínima cantidad de puntos). Los contornos detectados se guardarán en la variable resultado 'contours'. Las otras dos variables resultado 'im2' e 'hierarchy' no son usadas para este proyecto.

Guardar en los distintos arrays los siguientes textos, para luego ser mostrados por consola junto con los respectivos resultados de los helióstatos. heliostato.append(" ") anchoAlto.append("Ancho y alto WH del helióstato en píxeles: ") areaTotal.append("Área del helióstato en píxeles: ") sumaBGRparcial.append("Sumatorias BGR al cuadrado de todos sus píxeles:") sumaBGRtotal.append("Suma total BGR al cuadrado helióstato completo: ")

Guardar en los respectivos arrays 'heliostato', 'anchoAlto', 'areaTotal', 'sumaBGRpar-

cial' y 'sumaBGRtotal' los textos 'Ancho y alto', 'Área', 'Sumatorias BGR parcial' y 'Sumatorias BGR total', relacionados con los datos que se obtendrán más adelante de los helióstatos analizados en el vídeo de helióstatos.

Recorrer solo los dos primeros contornos, los más grandes (siguiente bucle 'for'), para cada fotograma del vídeo (bucle 'while' ejecutándose actualmente). # Al no recorrer los demás contornos, estos serán descartados porque no son muy grandes ni importantes o son falsos. # Siendo 'args.numeroHeliostatosAnalizar' el número de contornos deseado por el usuario por parámetro en la consola que se quiere analizar como máximo para cada fotograma. for i in range(0,args.numeroHeliostatosAnalizar):

Este bucle 'for' que va del número 0 al 'args.numeroHeliostatosAnalizar' (sin incluirse este último número) se encargará de analizar únicamente los 'x' primeros contornos más grandes, para cada fotograma del vídeo. De esta forma, se ignorarán los falsos contornos y menos importantes. Además, en dicho bucle se abarcan y realizan operaciones como detectar las coordenadas de cada helióstato en el vídeo, así como calcular sus áreas y sumatorias de los valores de las componentes RGB al cuadrado de todos sus píxeles. Siendo 'args.numeroHeliostatosAnalizar' el número de contornos deseado por el usuario por parámetro en la consola que se quiere analizar como máximo para cada fotograma.

Obtener las coordenadas del contorno. (x, y, w, h) = cv2.boundingRect(contours[i])
xy: coordenadas de un punto, w: ancho, h: altura.

Calcular el área del contorno numero 'i', en el fotograma actual del vídeo. 'i' es el iterador del bucle 'for' actual. area = cv2.contourArea(contours[i])

Para cada contorno, se obtendrán sus coordenadas en el vídeo, y su valor de área, aparte de mostrar el vídeo de helióstatos normal en pantalla (en tiempo de ejecución), o de actualizarlo al siguiente fotograma que se analizará.

Obtener las coordenadas del contorno usando el método 'boundingRect': XY, correspondientes a su esquina superior izquierda en el vídeo, y WH, correspondientes a su ancho (horizontal) y su altura (vertical). Es posible que si el helióstato todavía no ha terminado de entrar en el vídeo (desde el lado izquierdo), pues que no se muestre su esquina superior izquierda. Así que en este caso, se mostrará la esquina superior izquierda del helióstato mostrado en dicho vídeo hasta el momento. Respectivamente para el ancho y la altura. Para el contorno número 1 y/o 2 del fotograma actual del vídeo, el programa detectará y calculará su área total, gracias al método 'contourArea' de la biblioteca de OpenCV.

Si el contorno tiene un ancho y alto mayores a los especificados por parámetros, este será analizado y reencuadrado en un rectángulo verde en el vídeo. if (w ¿ args.anchoMinimoHeliostato and h ¿ args.altoMinimoHeliostato):

Esta condición 'if' solo será ejecutada si los valores que el usuario proporcionó por parámetro desde consola de ancho y alto del helióstato son menores al ancho y alto del helióstato que se va a analizar justo ahora. Si se cumplen todas, se accederá a este 'if' para calcular y mostrar en consola la sumatoria acumulativa de los valores de las componentes RGB al cuadrado de todos los píxeles del contorno (helióstato), además del valor de área y de reencuadrarlo en un rectángulo verde en el vídeo. Y también, se mostrarán sus coordenadas (ubicación) en el vídeo, su ancho y alto, etcétera. Todo esto se irá aplicando a cada contorno.

Si se está analizando el contorno número uno en el fotograma actual del vídeo, hacer. if (i == 0):

Dibujar un rectángulo verde alrededor del contorno, en el vídeo. # Parámetros: fotograma actual vídeo, esquina superior izquierda, esquina inferior derecha (width: ancho, height: altura), rectángulo color verde, grosor del rectángulo 2 píxeles. cv2.rectangle(frame, (x, y), (x+w, y+h), (0, 255, 0), 2)

Si se está analizando el helióstato número dos en el fotograma actual del vídeo (en caso de que ya exista el otro helióstato en ese mismo fotograma del vídeo), hacer. else:

En este caso, ahora se reencuadra el contorno en un rectángulo rojo, en vez de verde. Así, ambos contornos podrán ser diferenciados si se muestran en el mismo fotograma del vídeo. cv2.rectangle(frame, (x, y), (x+w, y+h), (0, 0, 255), 2)

Aquí puede suceder los siguientes casos:

Si solo hay un contorno en el fotograma actual del vídeo, o hay dos pero relativamente juntos entre sí (rozándose, fusionándose o separándose), se reencuadrará en verde dicho contorno o doble contorno en el vídeo usando el método 'rectangle'. Si se muestran dos contornos separados entre sí en un mismo fotograma del vídeo, se analizarán primero uno y después el otro. En el vídeo, cada contorno se reencuadrará en colores distintos: el de la izquierda en verde y el de la derecha en rojo. Si en el fotograma actual del vídeo no hay contornos, no se hará ningún procedimiento. Simplemente se pasará inmediatamente al siguiente fotograma del vídeo para seguir analizando más helióstatos que pudieran existir en ellos.

Además, conforme el helióstato se vaya desplazando por el vídeo, también lo hará el rectángulo verde o rojo para mantener el reencuadre.

Respecto a los parámetros introducidos en el método 'rectangle', aclarar que 'x+w' hace referencia a la esquina superior derecha del contorno, porque a 'xy', que es su esquina superior izquierda, se le suma su ancho 'w'. Respectivamente para 'y+h' que es su esquina inferior izquierda: a 'xy' (esquina superior izquierda) se le suma su

altura ‘h’. La combinación de las esquinas superior derecha y la inferior izquierda, ‘(x+w, y+h)’, resulta la esquina inferior derecha.

Leer y analizar todos los píxeles del helióstato. def vectorial(frame, x, y): # Del fotograma actual del vídeo, se leerá únicamente donde haya un helióstato (su ancho y alto), y así con todos los helióstatos de cada fotograma del vídeo. i = frame[y+2:y+h-1, x+2:x+w-1]

Matrices BGR resultado de la lectura de ese helióstato. mB = i[:, :, 2] mG = i[:, :, 1] mR = i[:, :, 0]

Elevar al cuadrado cada dato BGR del helióstato. mB2 = np.power(mB, 2) mG2 = np.power(mG, 2) mR2 = np.power(mR, 2)

Realizar la sumatoria acumulativa de cada BGR al cuadrado de ese helióstato. sumB = np.sum(mB2) sumG = np.sum(mG2) sumR = np.sum(mR2)

Sumar las anteriores tres componentes entre sí, para obtener la sumatoria total de los valores de las tres componentes RGB entre sí de todos los píxeles al cuadrado del contorno entero. sumaRGB = sumR+sumG+sumB

Ir introduciendo en los arrays las informaciones de los resultados de los helióstatos, con el fin de mostrarlas después por consola. # Al ser arrays acumulativos, si en un mismo fotograma del vídeo se obtienen datos de dos helióstatos, para cada array se guardarán los datos de esos dos helióstatos a la vez. # De esta forma, se compactará más la información mostrada en consola al estar esta a dos columnas: helióstato verde y helióstato rojo, para cada línea de texto o array. anchoAlto.append(w) anchoAlto.append(h) anchoAlto.append(” ”)

areaTotal.append(area) areaTotal.append(” ”)

sumaBGRparcial.append(sumB) sumaBGRparcial.append(sumG) sumaBGRparcial.append(sumR) sumaBGRparcial.append(” ”)

sumaBGRtotal.append(sumaBGR) sumaBGRtotal.append(” ”)

Llamar a la función definida ’vectorial(frame, x, y)’, siendo ’frame’ el fotograma actual del vídeo a tratar, y XY las coordenadas de la esquina superior izquierda del helióstato. vectorial(frame, x, y)

Estos dos bucles ‘for’ compactados en vectores son los encargados de analizar píxel a píxel el helióstato. Primero se analizarán los píxeles de columnas, y luego los de filas. En resumen, se realizan las siguientes operaciones: medir el ancho, alto y área del helióstato en píxeles, calcular para cada píxel del helióstato las componentes RGB y RGB al cuadrado (cada componente por separado), y con estas últimas, realizar una sumatoria acumulativa de cada componente RGB por separado de todos los píxeles

que componen el helióstato, y después, lo mismo pero sumando o unificando las tres componentes entre sí.

Esta sección de código se ha trabajado sobretodo con NumPy (abreviado como 'np' en el código) y con arrays, con el fin de reducir considerablemente el tiempo de ejecución del programa. La función 'vectorial()' es llamada y con los parámetros 'fotograma actual del vídeo', y las coordenadas XY de la esquina superior izquierda del helióstato, que es desde donde se empezarán a analizar cada helióstato, hasta llegar a su esquina inferior derecha.

En la línea de código 'i = frame[y+2:y+h-1, x+2:x+w-1]', se obtendrá, de ese fotograma, el helióstato. Para ello, en la primera entrada de 'frame', que hace referencia al número de filas, se indica el número de las mismas, es decir, desde la altura máxima del helióstato 'y' hasta su base inferior 'y+h'. Y en la segunda entrada de 'frame', correspondiente al número de columnas, se proporciona también cuántas tiene: desde el lado izquierdo 'x' hasta el lado derecho del helióstato 'x+w'. Es importante no confundir la longitud/altura del helióstato ('w' y 'h', respectivamente), con las coordenadas o ubicación del helióstato en el vídeo, midiéndose desde su esquina superior izquierda ('XY'). Para seleccionar o cargar el helióstato (variable 'i') del fotograma actual del vídeo (variable 'frame'), se parte desde la esquina superior izquierda de ese helióstato con la coordenada 'X', y para definir el límite derecho (lado derecho) del helióstato, a esa 'X', que es donde está ubicado el helióstato en el vídeo, se le suma su longitud 'w'. Y respectivamente para la altura. Indicar que, con el fin de evitar leer sobre el rectángulo verde o rojo que reencuadra al helióstato en el vídeo, se le han puesto en 'frame' unos números '+2' y '-1'. Son las medidas exactas para evitar que esto suceda.

En 'mB = i[:, :, 2], mG = i[:, :, 1], mR = i[:, :, 0]', se obtendrán las salidas BGR (o números del 0-255) de ese helióstato cargado previamente en la variable 'i'. Para ello, se indica, en cada matriz 'mB', 'mG' y 'mR' (matrices de píxeles azules, verdes y rojos del helióstato, respectivamente), que se desean obtener todas las filas y columnas de 'i', es decir, todos los valores BGR del helióstato. Se indican con los dos puntos ':', en las dos primeras entradas de esas matrices. Y en la tercera entrada, que correspondería a la tercera dimensión, se obtienen los valores azules 'B' con el número 2, los verdes 'G' con el 1, y los rojos 'R' con el 0.

Con esos valores BGR ('mB', 'mG' y 'mR'), se elevarán cada uno de ellos al cuadrado con el método 'np.power'. Así, se dispondrán en 'mB2', 'mG2' y 'mR2' todos los valores BGR del helióstato elevados al cuadrado. Los valores RGB solo pueden ser representados del 0 al 255. Al elevar al cuadrado uno de estos valores, nunca se sobrepasará del 255, y pasará del 255 al cero directamente, y así sucesivamente. Esto lo realiza el programa automáticamente.

Con todos estos valores BGR del helióstato elevados al cuadrado, se realizará una sumatoria acumulativa de todos ellos, para cada componente BGR por separado. Los resultados de las sumatorias se guardarán en 'sumB', 'sumG' y 'sumR'. Se trataría de cumplir la siguiente fórmula:

E = sumatoria R al cuadrado + sumatoria G al cuadrado + sumatoria B al cuadrado
Siendo 'sumatoria' la sumatoria acumulativa de todos los píxeles del helióstato.

Para cada helióstato, se obtendría entonces: Er, Eg y Eb.

Finalmente, en 'sumaRGB = sumR+sumG+sumB', esta acción consiste en sumar o unificar los resultados 'sumB', 'sumG' y 'sumR' obtenidos previamente (las anteriores sumatorias al cuadrado de todos los píxeles del contorno). Así, lo que se estaría haciendo para cada helióstato sería lo siguiente:

Etotal = Er + Eg + Eb

Es decir, obtener la sumatoria total de los valores de las tres componentes RGB entre sí de todos los píxeles al cuadrado del contorno entero.

Ir guardando los valores y resultados del helióstato en sus respectivos arrays (dependiendo del tipo de información: ancho/alto, área, etcétera), para luego mostrarlos por consola.

Cuando se analiza otro helióstato (independientemente de si se salta o no al siguiente fotograma del vídeo), los valores de área y sumatorias pasarán automáticamente a valer cero de partida. De esta forma, no se obtendrán valores de un helióstato acumulados (erróneos) del helióstato analizado previamente.

Mostrar vídeo original en una ventana/actualizar fotograma. cv2.imshow("Camara", frame)

Mostrar el vídeo de helióstatos normal en pantalla con el método 'imshow()', y reproducirse al mismo tiempo que el programa va analizando cada uno de sus fotogramas. Con 'reproducirse', quiere decir además que se actualizará o cambiará el fotograma del vídeo al actual.

Mostrar en consola el valor del área del helióstato en píxeles, su ancho y alto también en píxeles, # los valores de las sumatorias acumulativas RGB al cuadrado (cada componente por separado) de todos los píxeles del helióstato, y esto mismo pero sumando esta vez las tres componentes entre sí. print(heliostato) print(anchoAlto) print(areaTotal) print(sumaBGRparcial) print(sumaBGRtotal)

Borrar el contenido de los arrays, ya que se ha mostrado toda la información en consola del helióstato (o helióstatos) para el fotograma actual del vídeo de helióstatos. del heliostato[:] del anchoAlto[:] del areaTotal[:] del sumaBGRparcial[:] del

sumaBGRtotal[:]

Mostrar en consola todos los datos obtenidos del helióstato (o helióstatos) del fotograma actual del vídeo, y que fueron almacenados (temporalmente) en los arrays 'heliostato', 'anchoAlto', 'areaTotal', 'sumaBGRparcial' y 'sumaBGRtotal'. Es decir, el valor del área del helióstato en píxeles, su ancho y alto también en píxeles, los valores de las sumatorias acumulativas RGB al cuadrado (cada componente por separado) de todos los píxeles del helióstato, y esto mismo pero sumando esta vez las tres componentes entre sí.

Después, tras mostrarse toda esta información en la consola, vaciar los arrays, con el fin de reutilizarlos para el análisis de los siguientes fotogramas.

Al alcanzar esta línea de código, ya se habrá leído y analizado el fotograma actual del vídeo. Antes de pasar al siguiente fotograma, hacer: frame_counter += 1 # Incrementar el contador de fotogramas leídos del vídeo a uno. end_time = time.time() # Obtener el tiempo de ejecución tras haber leído el fotograma actual del vídeo. fps = frame_counter / float(end_time - start_time) # Calcular los FPS (fotogramas por segundo del vídeo) dividiendo el contador de fotogramas actual por la diferencia entre ambos tiempos medidos. print("FPS:", fps) # Mostrar en consola los FPS (fotogramas por segundo del vídeo). Se mostrará cada vez que se haya analizado el fotograma actual del vídeo.

Esta sección de código se encargará de calcular los FPS (fotogramas por segundo) del vídeo de helióstatos, cada vez que se lea y analice un fotograma completo de ese vídeo (o el equivalente a haber alcanzado estas líneas de código). Para ello, se incrementa en uno el contador de fotogramas leídos, tomar el tiempo de ejecución final tras haber procesado el fotograma actual, calcular los FPS con una fórmula que consiste en dividir el contador de fotogramas leídos actual entre la diferencia del tiempo final de la lectura del fotograma actual y el comienzo de la ejecución del programa, y mostrar dicho resultado en consola, cada vez que se haya leído y procesado un fotograma del vídeo.

Cuando el bucle 'while' inicial finalice, mostrar en consola que el programa finalizó su ejecución (el vídeo fue leído y analizado completamente). print("Programa terminado.")

Cuando se hayan terminado de leer todos los fotogramas del vídeo, es decir, se ha leído el vídeo completo, se mostrará en consola 'Programa terminado.', finalizando la ejecución del programa.