



Trabajo Final de Carrera

Sistema de Asistencia para la Detección de Somnolencia y Distracción en la Conducción Vehicular Basado en Visión Artificial

Realizado por: Emiliano Daniel Dovichi

Director: Ing. Jesús R. García

Universidad Nacional de San Luis: Departamento de Electrónica

San Luis 14 de Junio de 2019



Contenido

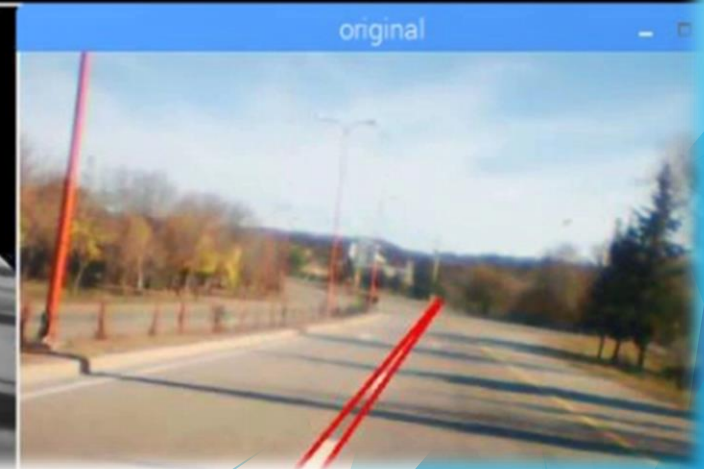
- ▶ Introducción.
- ▶ Tipos de detectores.
- ▶ Sistemas existentes.
- ▶ Visión Artificial.
- ▶ Detector basado en Visión Artificial.
- ▶ Computadora.
- ▶ Cámaras.
- ▶ Proceso de Detección
- ▶ Detección de rostro
- ▶ Detección de rasgos faciales
- ▶ Determinación del estado del conductor
- ▶ Alertar al conductor.
- ▶ Detección de camino.
- ▶ Resultados
- ▶ Conclusiones.
- ▶ Sugerencias



enmascarada



original





Introducción

- ▶ **Somnolencia:** Estado intermedio entre la vigilia y el sueño causado por falta de descanso, bien por una razón puntual o bien por un trastorno crónico.
- ▶ **Distracción:** Acción o efecto de apartar la atención del objeto al que la aplicaba o a que debía aplicarla.





Introducción

- ▶ **Somnolencia:** Estado intermedio entre la vigilia y el sueño causado por falta de descanso, bien por una razón puntual o bien por un trastorno crónico.
- ▶ **Distracción:** Acción o efecto de apartar la atención del objeto al que la aplicaba o a que debía aplicarla.
- ▶ **Peligro para el conductor y su entorno**



Tipos de detectores

- ▶ **Basados en comportamiento vehicular.** Utilizan sensores de velocidad, aceleración y distancia para predecir el estado del conductor.
- ▶ **Basados en señales fisiológicas.** Se basan en interpretar la respiración o el ritmo cardíaco del cuerpo humano para estimar el estado de somnolencia o vigilia del mismo.
- ▶ **Basados en expresiones faciales.** Hacen uso de la visión por computadora para determinar el estado del conductor mediante una imagen de su rostro.



Sistemas existentes

- ▶ Existen muchos sistemas ya en funcionamiento.
 - ▶ **Sistema Harken.** Consiste de un asiento y un cinturón de seguridad que miden la respiración y el ritmo cardíaco.
 - ▶ **Sistemas basados en Android.** Hacen uso de la cámara del Smartphone para luego procesar la imagen y estimar el estado del conductor.
 - ▶ **Sistemas económicos.** Se pueden conseguir en tiendas online a un precio accesible.



Detector de sueño comercial



Sistemas existentes

- ▶ Existen muchos sistemas ya en funcionamiento.
 - ▶ **Sistema Harken.** Consiste de un asiento y un cinturón de seguridad que miden la respiración y el ritmo cardíaco.
 - ▶ **Sistemas basados en Android.** Hacen uso de la cámara del Smartphone para luego procesar la imagen y estimar el estado del conductor.
 - ▶ **Sistemas económicos.** Se pueden conseguir en tiendas online a un precio accesible.
 - ▶ Se propone un sistema de detección basado en Visión Artificial que sea barato, eficiente y lo menos invasivo posible para el conductor.



Visión Artificial

- ▶ Disciplina científica que consiste en adquirir y procesar imágenes del mundo real, captadas con una cámara, con el fin de obtener información relevante de las mismas.
 - ▶ Se intenta emular el comportamiento del ojo y el cerebro humano, para ello, se aplica a la imagen obtenida ciertos procesos.
 - ▶ Filtrado.
 - ▶ Ecuilización de histograma.
 - ▶ Segmentación.
- ▶ Existen diversas bibliotecas informáticas dedicadas a la Visión Artificial. La mas difundida es OpenCV.



Detector basado en Visión Artificial

- ▶ Elementos del detector.
 - ▶ Computadora. Necesaria para el procesamiento de la información.
 - ▶ Cámara. Necesaria para obtener la imagen a procesar.
 - ▶ Cámara secundaria. Utilizada para tomar una imagen del camino.
 - ▶ Software. Necesario para realizar el procesamiento de las imágenes obtenidas.



Computadora

- ▶ Existen numerosas opciones dependiendo de las prestaciones y presupuesto disponible entre las que se encuentran
 - ▶ Raspberry Pi. (Elegida para este proyecto.)
 - ▶ Ordroid.
 - ▶ Orange Pi.
 - ▶ Asus Tinkerboard.
- ▶ Se eligió Raspberry Pi debido a su relacion costo-calidad, la documentación existente en la red y la disponibilidad en el mercado local.



Cámaras

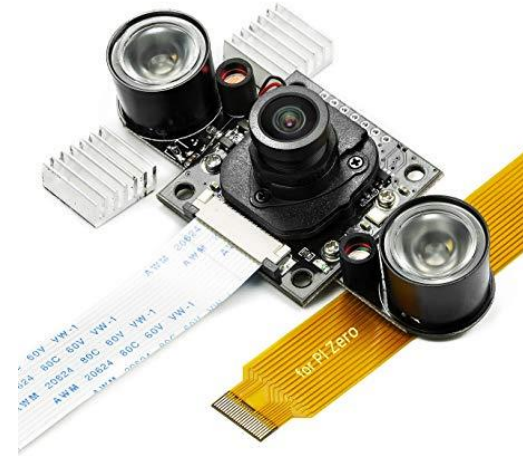
- ▶ Ubicada frente al conductor. Es necesario que ésta se posicione frente al mismo, de lo contrario la detección resultará errónea.
- ▶ Raspberry Pi camera NoIR. Diseñada para ser usada directamente con Raspberry Pi y apta para iluminación infrarroja.
- ▶ Led IR necesario.
 - ▶ Raspberry Pi IR-LED, led IR de 3W de potencia y alcance focal de 3m. Este se ubica junto a la cámara.
- ▶ Cámara USB. Cámara secundaria que toma imágenes del camino para determinar si el vehículo se encuentra dentro del carril.



Hardware



Raspberry Pi



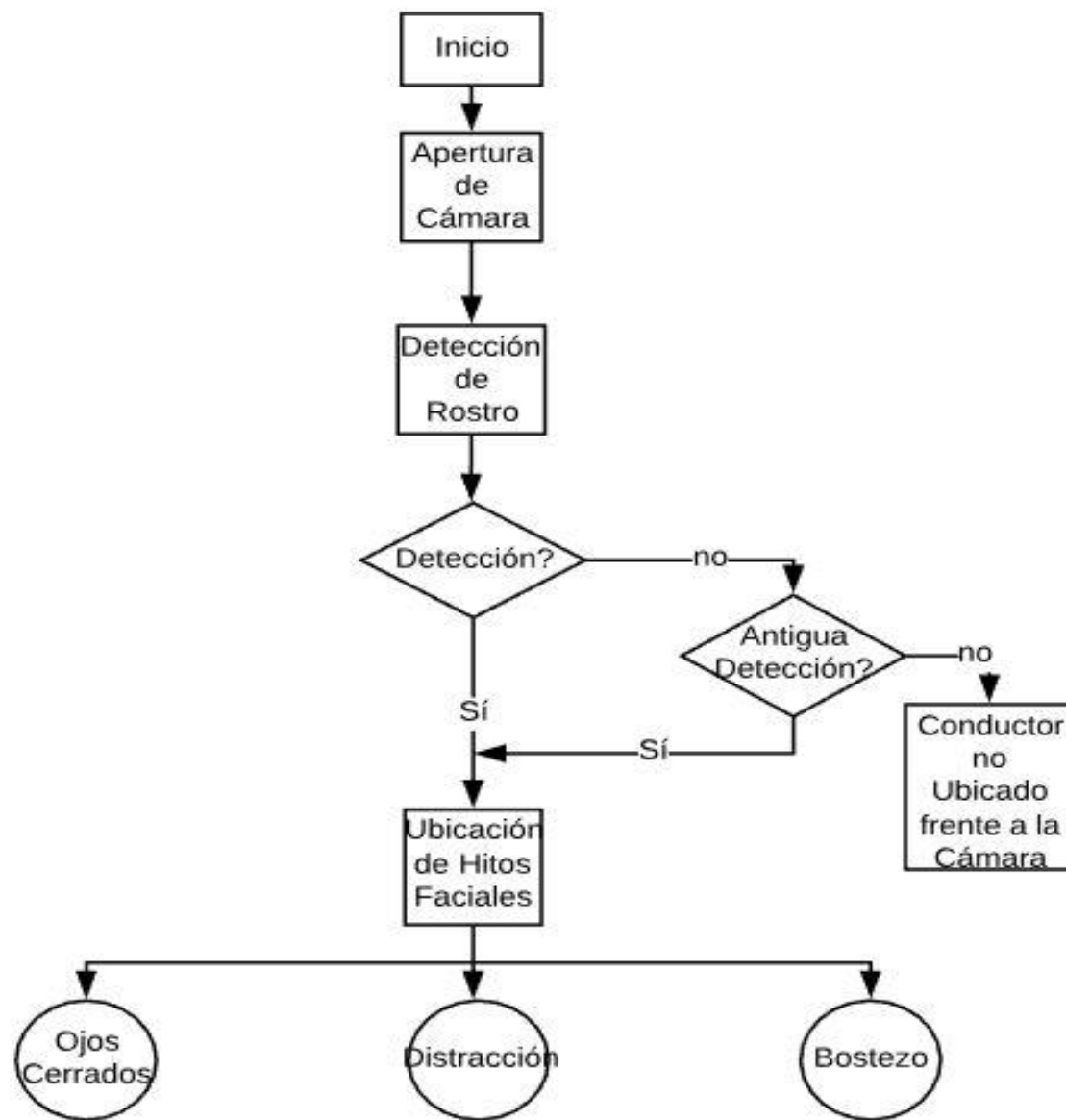
Cámara Raspberry Pi



Cámara USB



Proceso de Detección





Detección de rostro

- ▶ Existen numerosos métodos para detectar un rostro en una imagen de entrada.
 - ▶ Detección por color de piel. Consiste en segmentar los píxeles de la imagen cuyo color sea similar al de la piel humana.



Detección de rostro

- ▶ Existen numerosos métodos para detectar un rostro en una imagen de entrada.
 - ▶ Detección por color de piel. Consiste en segmentar los píxeles de la imagen cuyo color sea similar al de la piel humana.



Iluminación común



Detección de rostro

- ▶ Existen numerosos métodos para detectar un rostro en una imagen de entrada.
 - ▶ Detección por color de piel. Consiste en segmentar los píxeles de la imagen cuyo color sea similar al de la piel humana.



Iluminación común

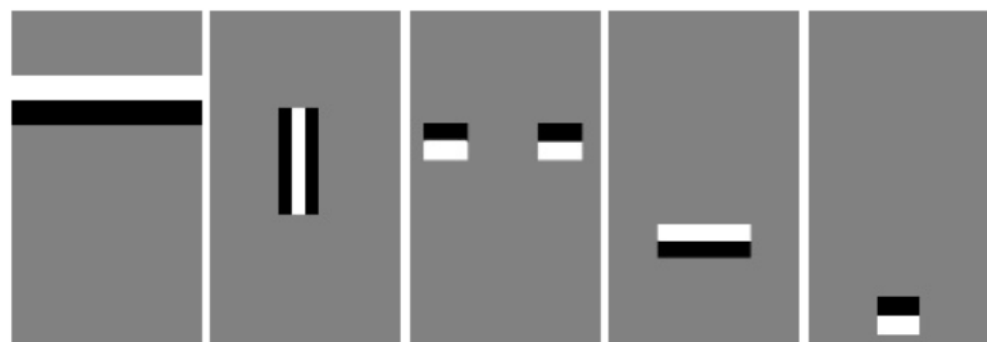


Iluminación Infrarroja



Detección de rostro

- ▶ Algoritmo de Viola-Jones.
 - ▶ Desarrollado en 2001 por Paul Viola y Michel Jones.
 - ▶ Evalúa Características que son comunes en los rostros tales como la intensidad de los pixeles en la región de los pómulos y los ojos o el puente de la nariz. (características de Haar)
 - ▶ Este proceso es realizado por un agente conocido como clasificador.



Características de Haar



Detección de rostro

- ▶ Algoritmo de Viola-Jones.
 - ▶ Desarrollado en 2001 por Paul Viola y Michel Jones.
 - ▶ Evalúa Características que son comunes en los rostros tales como la intensidad de los pixeles en la región de los pómulos y los ojos o el puente de la nariz. (características de Haar)
 - ▶ Este proceso es realizado por un agente conocido como clasificador.





Detección de rostro

- ▶ Algoritmo de Viola-Jones.
 - ▶ Desarrollado en 2001 por Paul Viola y Michel Jones.
 - ▶ Evalúa Características que son comunes en los rostros tales como la intensidad de los pixeles en la región de los pómulos y los ojos o el puente de la nariz. (características de Haar)
 - ▶ Este proceso es realizado por un agente conocido como clasificador.



Características alineadas con la imagen



Detección de rostro

- ▶ Histograma de Gradientes Orientados(HOG).
 - ▶ Consiste en calcular para cada pixel de la imagen, el gradiente de intensidad y almacenar dicho valor.
 - ▶ El resultado de la operación anterior es comparado con una base de datos almacenada.

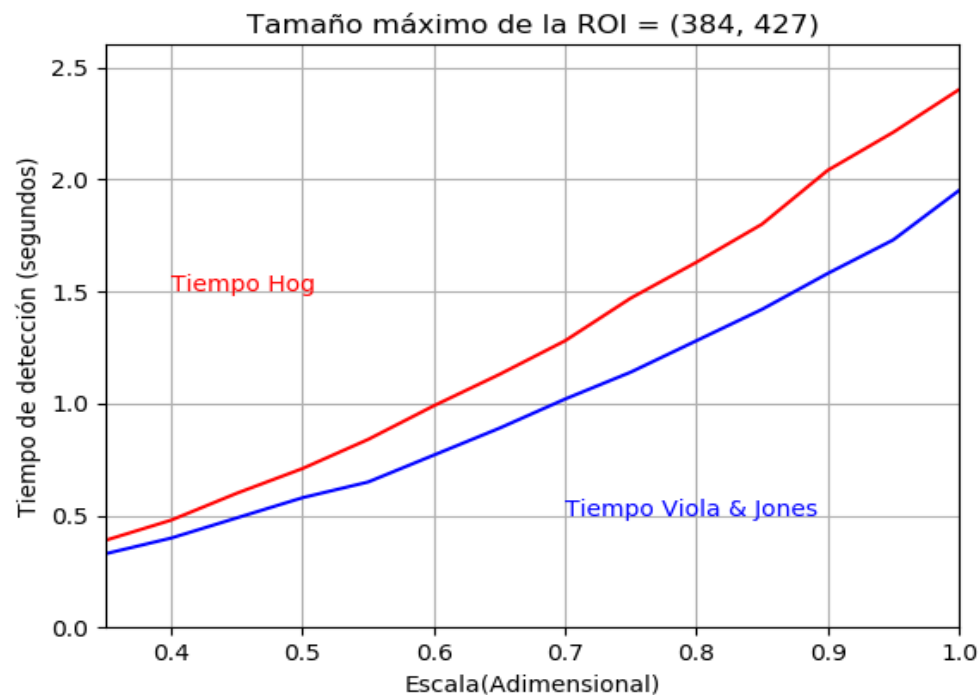


Imagen original - HOG obtenido.



Detección de rostro

- ▶ Para elegir un método de detección se toma una imagen de entrada y se elige una ROI que contenga el rostro a detectar.
- ▶ La imagen es escalada y reducida en tamaño hasta que uno de los métodos deja de funcionar, luego, se compara el tiempo que toma cada algoritmo.



Comparación entre métodos



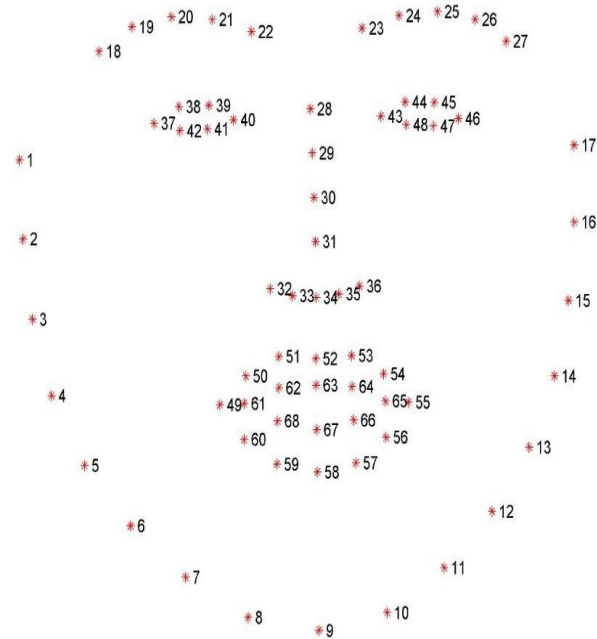
Detección de rasgos faciales

- ▶ Una vez detectada la ubicación del rostro en la imagen de entrada, el siguiente paso es ubicar los rasgos faciales (ojos, nariz, boca y ceja).
 - ▶ Método de Viola & Jones. (Descrito anteriormente)
 - ▶ Hitos Faciales (Kazemi & Sullivan 2014)



Detección de rasgos faciales

- ▶ Los Hitos faciales son puntos específicos del rostro tales como, la comisura de los labios, el interior de las cejas, los vértices de los ojos, el interior de los párpados o los puntos que demarcan la quijada.

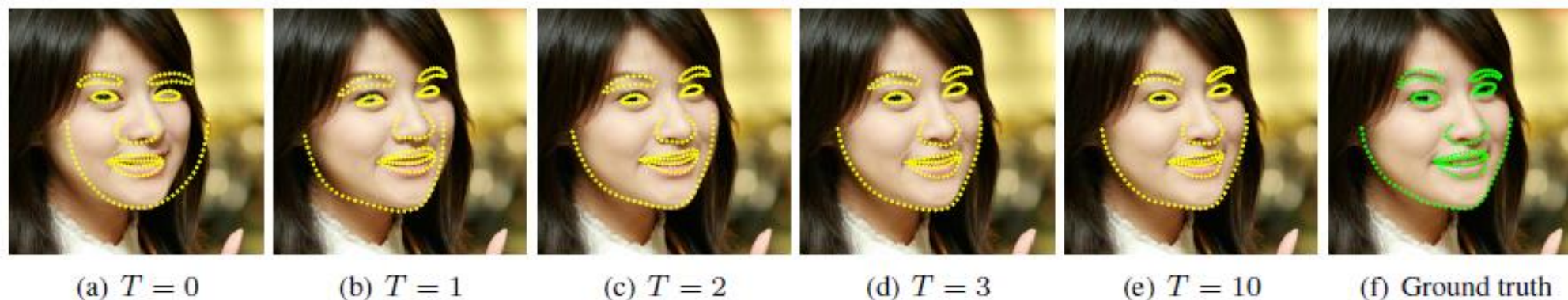


Hitos Faciales



Detección de rasgos faciales

- ▶ El funcionamiento del clasificador consiste en ubicar los puntos de manera aleatoria en la cara detectada para luego ajustar estos puntos comparando la intensidad de los píxeles en la imagen con los datos del clasificador.
- ▶ Este proceso es significativamente más rápido que Viola-Jones

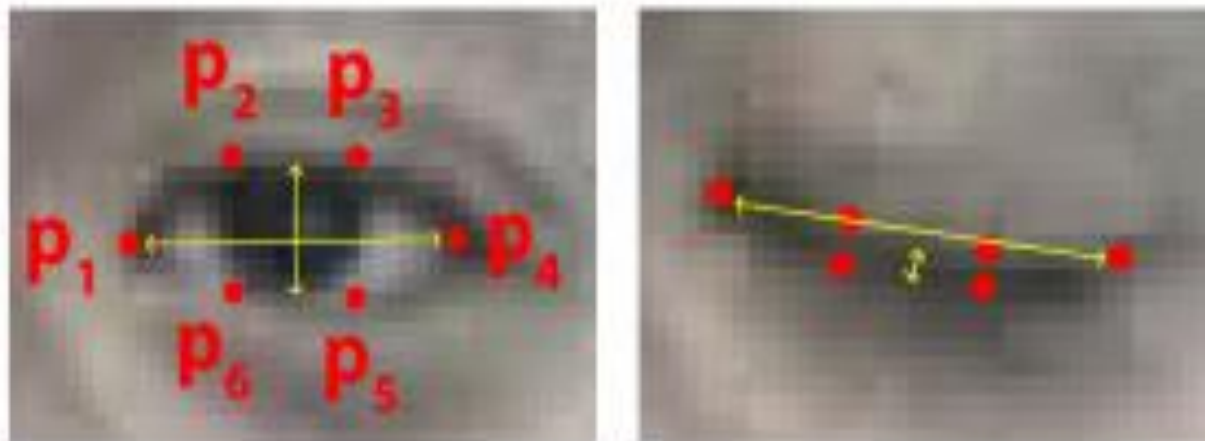


Ajuste de Hitos Faciales



Determinación del estado del conductor

- ▶ resulta posible calcular el porcentaje de apertura o cierre del ojo utilizando los puntos de los contornos de los ojos tomando la distancia vertical y horizontal de los mismos y calculando la relación entre los dos puntos.

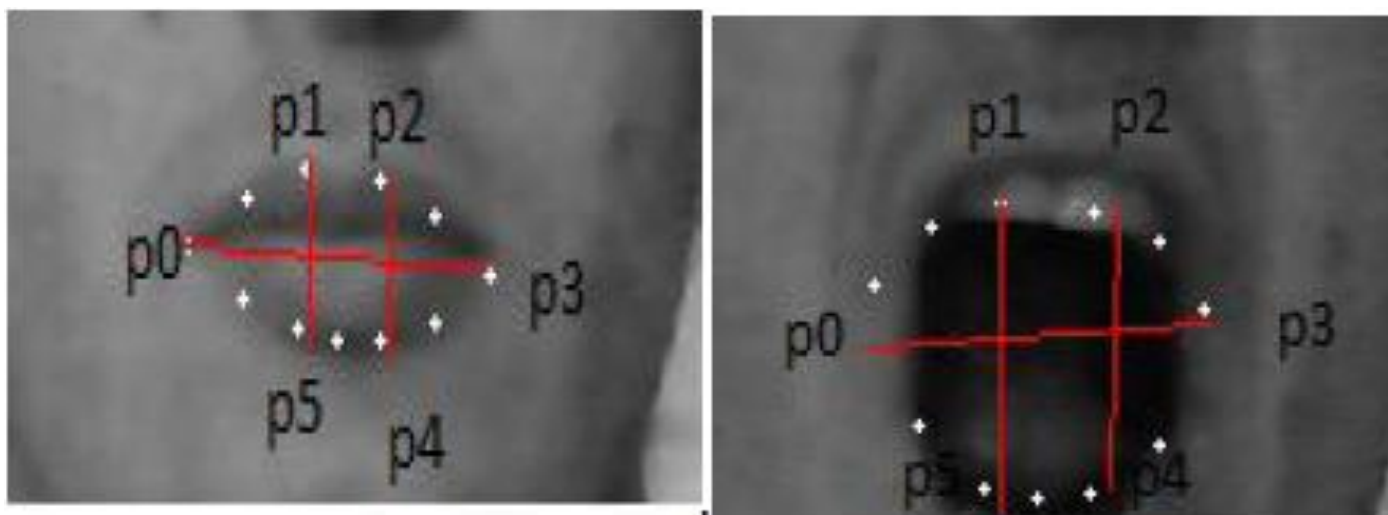


Porcentaje de cierre del ojo



Determinación del estado del conductor

- ▶ De la misma manera es posible determinar el porcentaje de apertura de la boca para reconocer un bostezo.

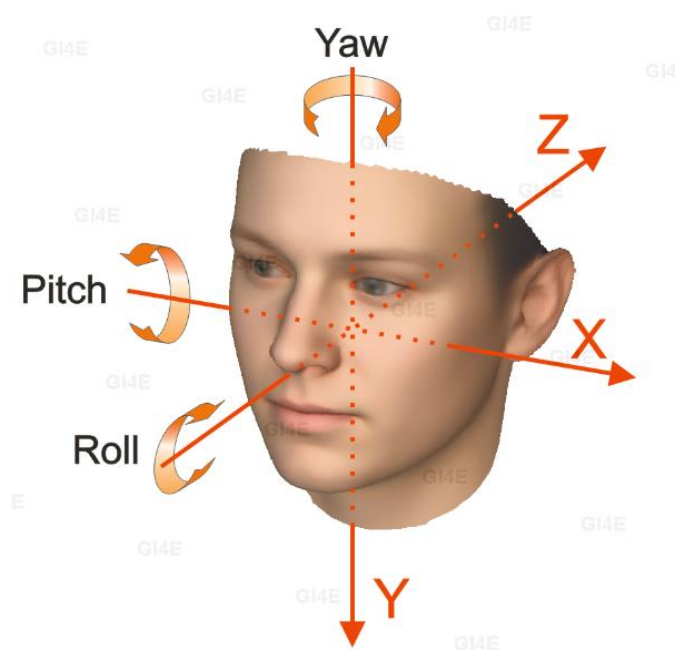


Porcentaje de apertura de la boca

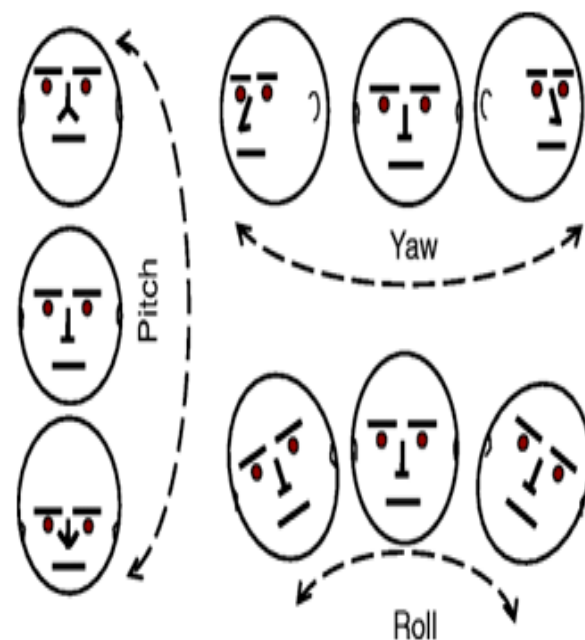


Determinación del estado del conductor

- ▶ Para detectar la distracción es necesario conocer la dirección a la cual apunta la nariz.



Ángulos en 3 dimensiones

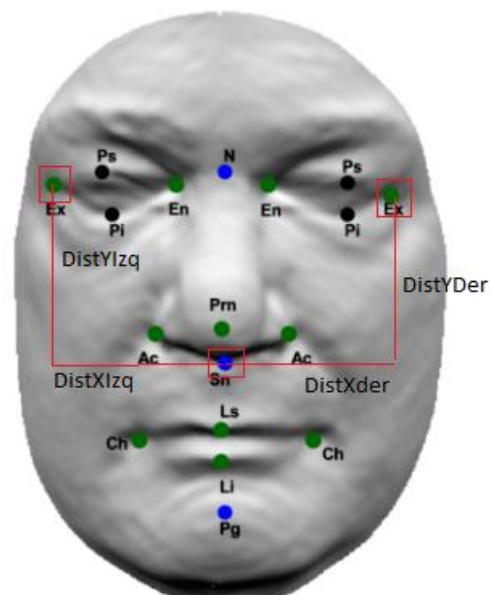


Proyección en 2 dimensiones



Determinación del estado del conductor

Para conocer el ángulo de dirección (YAW) se compara la distancia entre la nariz y los ojos izquierdo y derecho, la diferencia debe permanecer cercana a cero cuando el conductor está mirando al frente, de lo contrario, crecerá hacia la izquierda o la derecha de cero.

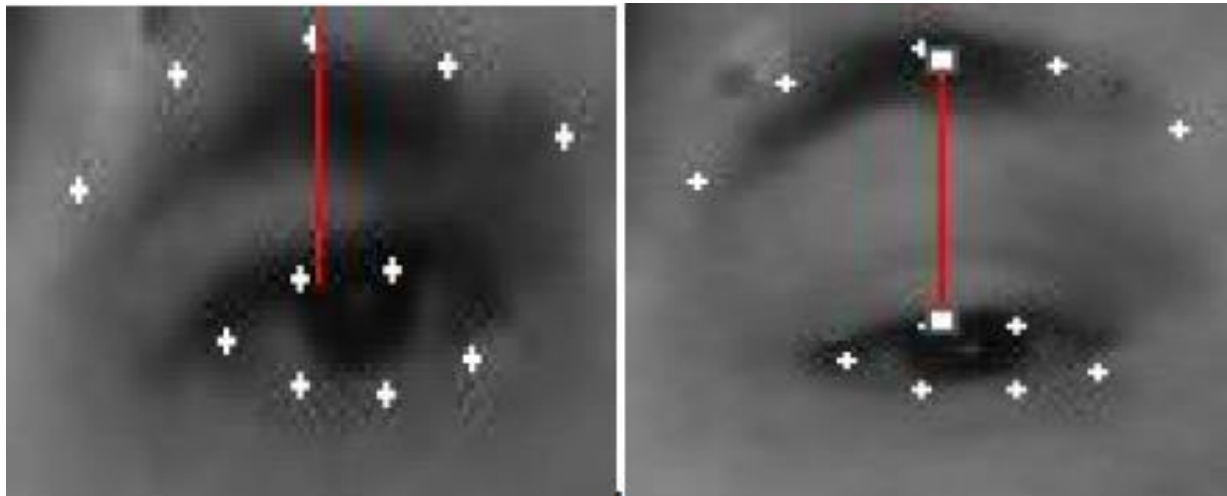


Conductor mirando hacia el frente



Determinación del estado del conductor

- ▶ Posición de la ceja.
- ▶ muchas personas al estar fatigadas, tienden a levantar las cejas para mantener el ojo abierto y así evitar quedarse dormidos.



Ceja en estado normal – ceja con el ojo semi-cerrado



Alertar al conductor

- ▶ Para este proyecto se utilizan 3 niveles de alertas
 1. Alerta visual. Mediante una luz LED.
 2. Alerta sonora nivel 1. Mediante un mensaje de audio pre-grabado
 3. Alerta sonora nivel 2. Mediante un mensaje de audio pre-grabado
- ▶ La alerta de nivel 1 es inmediata.
- ▶ Las alertas sonoras se dan tras un tiempo de espera, necesario para descartar parpadeos, conversaciones o miradas hacia los espejos retrovisores.



Detección de camino

- ▶ Como complemento del análisis facial, se implementa un módulo de análisis de camino.
- ▶ Su funcionamiento se basa en detectar las líneas verticales del camino (blancas o amarillas) y estimar la distancia del vehículo a las mismas.

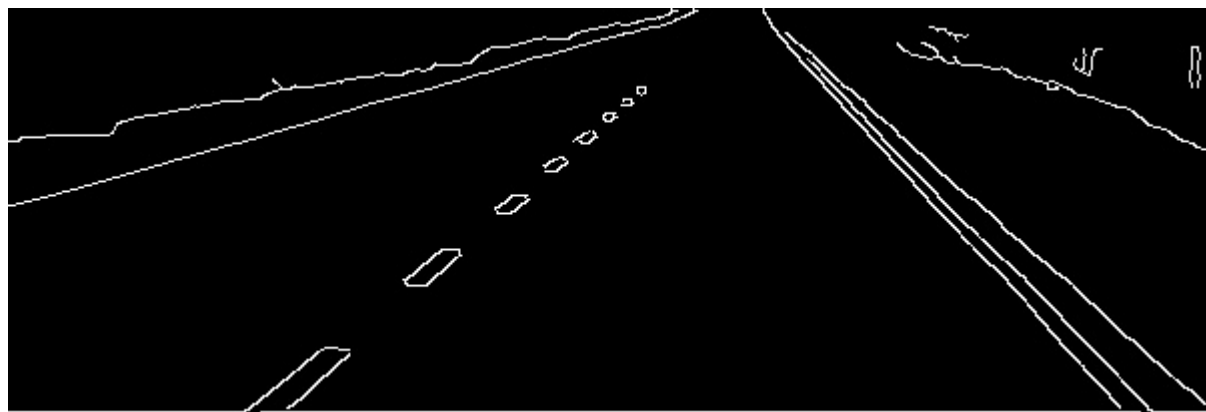


Camino con líneas a detectar



Detección de camino

- ▶ Se aplica un proceso que consiste en:
 1. Difuminar la imagen (para remover ruido)
 2. Búsqueda de bordes mediante algoritmo de Canny.



Bordes detectados



Detección de camino

- ▶ Se aplica un proceso que consiste en:
 1. Difuminar la imagen (para remover ruido)
 2. Búsqueda de bordes mediante algoritmo de Canny.
 3. Búsqueda de líneas mediante transformada de Hough.



Líneas detectadas



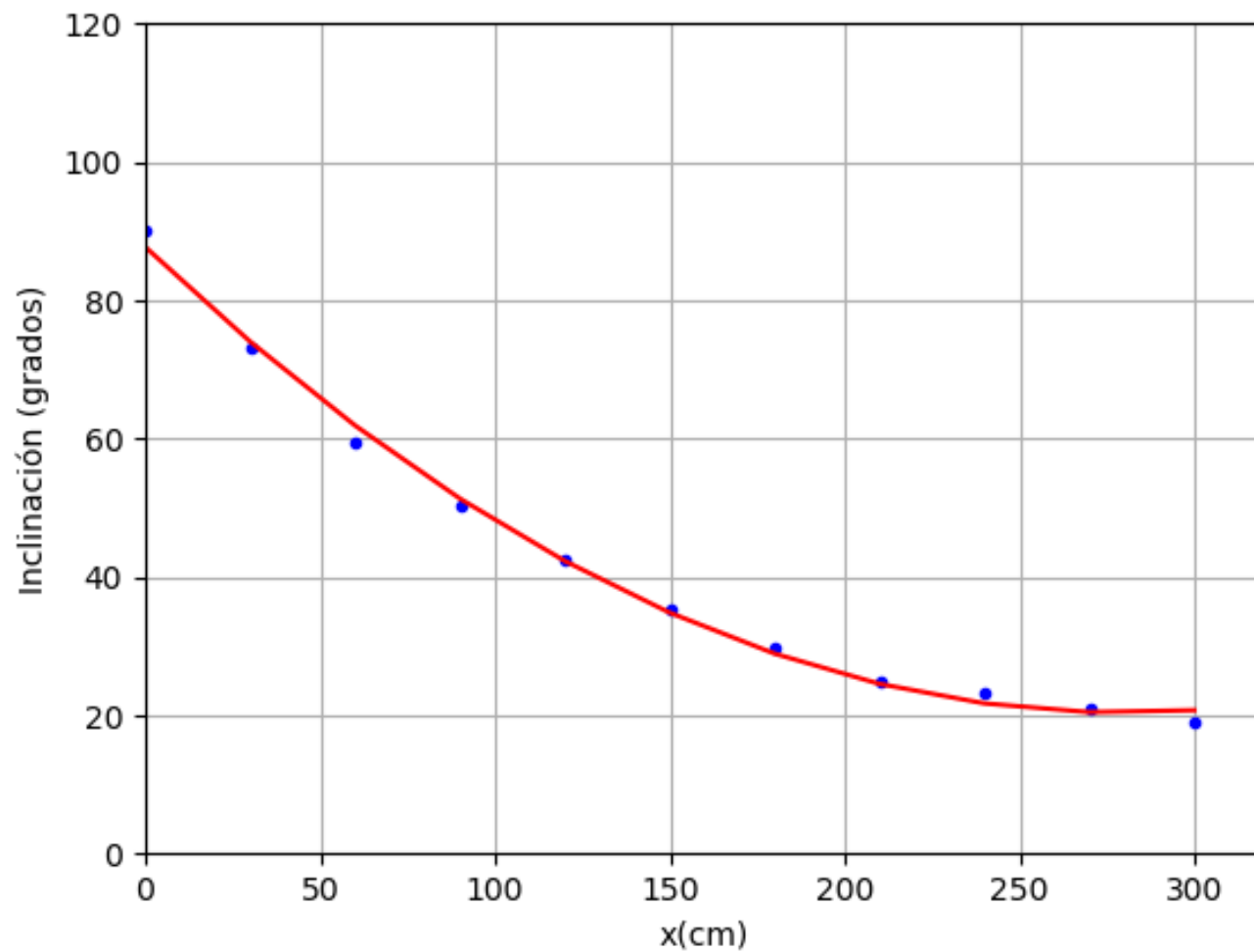
Detección de camino

- ▶ Se aplica un proceso que consiste en:
 1. Difuminar la imagen (para remover ruido)
 2. Búsqueda de bordes mediante algoritmo de Canny.
 3. Búsqueda de líneas mediante transformada probabilística de Hough.
 4. Estimar la distancia del vehículo a la línea mediante la siguiente ecuación empírica que relaciona la inclinación de la línea por perspectiva y la distancia del observador (cámara) a la misma.

$$Y_{adj} = 0.000861X^2 - 0.48165X + 87.7265$$



Detección de camino



$$Y_{adj} = 0.000861X^2 - 0.48165X + 87.7265$$



Resultados





Conclusiones

- ▶ Se obtuvo un sistema capaz de detectar situaciones de somnolencia y/o distracción de manera confiable.
- ▶ Alta tasa de aciertos.
- ▶ Baja tasa de falsos positivos. Estos se deben principalmente a malas condiciones de iluminación.
- ▶ Baja carga de procesamiento para el CPU ($\approx 37\%$.)



Sugerencias

- ▶ Método de detección de rostros más veloz (Ej. basados en CNN)
- ▶ Investigación acerca de segmentación de caminos.



MUCHAS GRACIAS