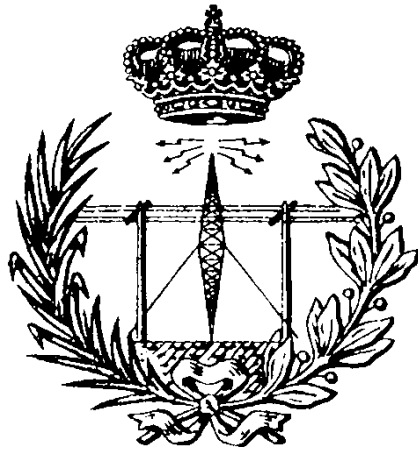


ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA



TRABAJO FIN DE GRADO

*SISTEMA DE CONTROL DE AFOROS BASADO EN CÁMARAS INTELIGENTES PARA
ENTORNOS DE ALTA DENSIDAD DE OCUPACIÓN*

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería en Tecnologías de la Telecomunicación

MENCIÓN: Sonido e Imagen

AUTOR: Bryan Della Giusta

TUTORES: Fátima María Casado Miraz y Luis Domínguez Quintana

FECHA: Septiembre 2022

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer el apoyo incondicional proporcionado por mis padres y mi familia. Con su dedicación y esfuerzo han sido un ejemplo e inspiración para mí.

Por otro lado, me gustaría hacer una mención especial para mis tutores Fátima María Casado Miraz y Luis Domínguez Quintana, los cuales me han guiado y me han aportado conocimientos aplicables tanto al Trabajo de Fin de Grado, como al ámbito laboral.

Asimismo, quiero agradecer a todo el cuerpo docente que ha formado parte de mi vida académica. Gracias a ellos he podido adquirir los conocimientos y competencias necesarias para completar mis estudios universitarios.

Por último, me gustaría agradecer a todos los compañeros que compartieron clase conmigo. En especial, a Erik Martrus Guillén y Echedey Garcias Padín, con cuáles compartí muchos buenos momentos y que se ofrecieron como modelos para ayudarme a realizar la fase de experimentación del presente Trabajo de Fin de Grado.

Resumen

La pandemia COVID-19 popularizó y puso en valor los sistemas de control de aforo y gestión de colas. Estos sistemas fueron claves para poder sobrellevar dicha situación, evitando aglomeraciones y minimizando la propagación del virus. Pero, además, y con independencia de situaciones sobrevenidas como la pandemia COVID-19, la combinación de los datos aportados por las cámaras con otras métricas (hora, fecha, etc.) permite definir acciones para la gestión de flujos y colas en espacios públicos, y modelar el servicio en función de la afluencia o la ocupación. Por ejemplo, conocer los datos del tránsito de personas permiten al gestor asignar más o menos recursos al servicio.

Por otra parte, la integración de los datos de aforo con soluciones de comunicación y publicidad dinámica Digital Signage permiten la difusión de mensajes audiovisuales en entornos públicos para ordenar los flujos circulatorios o simplemente informar y entretener al público mientras espera en cola a ser atendido.

En este trabajo se implementa un sistema de control de aforo y gestión de colas basado en sistemas de visión artificial. A partir de un conjunto de cámaras disponibles, se diseña una solución basada en código abierto capaz de interpretar la información suministrada por las cámaras y presentarla de forma adecuada al usuario facilitando, además, la integración de los datos recopilados en sistemas de comunicación y publicidad dinámica Digital Signage con el fin de realizar acciones de comunicación ad-hoc.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Contexto	1
1.2. Necesidad	3
2. Estado del arte.....	7
2.1. Control de aforo.....	7
2.1.1 Sensores infrarrojos de ranura	9
2.1.2 Sensores térmicos	10
2.1.3 Cámaras de vídeo	12
2.1.4 Contadores Wi-Fi.....	15
2.2. Gestión de colas.....	17
2.3. Digital Signage para la gestión de colas.....	23
2.4. Elección de medios técnicos	27
3. Diseño de solución.....	29
3.1. Hardware	31
3.1.1 Cámara de conteo - Dual-Lens People Counting (DS-2CD6825G0/C-IS)	32
3.1.2 Cámara de gestión de colas DeepIn View (iDS-2CD7146G0-IZS).....	37
3.2. Software.....	43
3.2.1 Comunicación entre la cámara de control de aforo y el intérprete	46
3.2.2 Comunicación entre la cámara de gestión de colas y el intérprete	50
3.2.3 Comunicación entre el intérprete y el servicio web	53
3.2.4 Servicio Web.....	56
4. Integración de métricas con plataforma DS.....	67
5. Experimentación y resultados	69
5.1. Experimentación para el control de aforo.....	77
5.2. Experimentación para la gestión de colas	83
5.3. Resultados.....	89
6. Conclusiones y líneas futuras.....	91
7. Bibliografía.....	93
8. Presupuesto.....	99
8.1. Recursos materiales	99
8.2. Trabajo tarifado por tiempo empleado.....	103
8.3. Coste de redacción del TFG.....	105
8.4. Material fungible.....	105
8.5. Derechos de visado del COITT.....	107
8.6. Gastos de tramitación y envío.....	107
8.7. Aplicación de impuestos	109

1. Introducción

En esta sección del Trabajo de Fin de Grado vamos a establecer un marco orientativo, explicando brevemente lo que se pretende hacer y las razones que lo han motivado.

1.1. Contexto

La pandemia COVID-19 ha supuesto un antes y un después, no solo en nuestra forma de relacionarnos con los demás, sino también en la manera en la que consumimos. Las empresas y comercios han tenido que adaptarse rápidamente a las circunstancias con el fin de garantizar entornos seguros de trabajo, consumo y ocio. El término “control de aforo” se ha incorporado al devenir diario en la mayoría de los entornos públicos. Unido a él, aparecen también los conceptos de “distancia de seguridad” y “gestión de colas”, formando todos ellos un trinomio de especial relevancia para la actividad económica.

A grandes rasgos, un sistema de control de aforo es una herramienta capaz de determinar el número máximo de personas que pueden acceder a una zona determinada, impidiendo la entrada de nuevos individuos una vez se haya alcanzado el límite establecido. En espacios públicos, un sistema de control de aforo ofrece una mejor experiencia al usuario evitando aglomeraciones, facilita a los responsables de las instalaciones la gestión del flujo de clientes, y garantiza el cumplimiento de la normativa y la seguridad de los clientes y empleados. [1]

A la hora de implantar un sistema de control de aforo encontramos básicamente dos alternativas. Por un lado, los sistemas de conteo tradicionales, que generalmente se basan en sensores infrarrojos o de presión. A pesar de que tienen un coste bajo y su despliegue suele resultar sencillo, su integración con otros sistemas, como por ejemplo los de videovigilancia, es complicada [2]. Además, este tipo de soluciones no siempre son capaces de distinguir grupos, solo detectan la ocupación del área. [3]

Como alternativa a lo anterior, encontramos los sistemas de visión artificial basados en el empleo de cámaras, que buscan el equilibrio entre el costo y la eficacia. En este tipo de soluciones, la cámara se ubica sobre la zona de paso y se ajusta para cubrir la región de interés (ROI). Un programa, externo o embebido en el dispositivo, se encarga de realizar un análisis al instante de la imagen, contabilizando las manchas que cruzan la ROI, obteniendo así el número de personas que transitan o permanecen en un área concreta. Incluso es capaz de determinar si se cumplen las recomendaciones en lo que respecta a la distancia de seguridad. [3]

Además, y con independencia de situaciones sobrevenidas como la pandemia COVID-19, la combinación de los datos aportados por las cámaras con otras métricas (hora, fecha, etc.) permite definir acciones para la gestión de flujos y colas en espacios públicos, y modelar el servicio en función de la afluencia o la ocupación. Por ejemplo, conocer los datos del tránsito de personas permiten al gestor asignar más o menos recursos al servicio. Además, la conexión del sistema de control de aforo con soluciones de comunicación dinámica de señalización digital o Digital Signage (DS) en entornos públicos permite poner en marcha campañas, a través de pantallas o la megafonía del recinto, para informar y entretener al público mientras espera a ser atendido o controlar los flujos circulatorios. [4] [5] [6] [7]

En este trabajo se pretende explorar la implementación de un sistema de control de aforo y gestión de colas basado en sistemas de visión artificial. Para ello, y partiendo de un conjunto de cámaras disponibles, se diseñará una solución orientada al desarrollo en código abierto, que sea capaz de interpretar la información suministrada por las cámaras con el fin de presentarla de forma adecuada al usuario. Adicionalmente, facilitar el empleo de los datos recopilados para realizar acciones de comunicación ad-hoc sobre plataformas y dispositivos DS. De este modo, sería viable contar con un sistema que, mediante pantallas, informe del estado de la ocupación, así como del estado de las colas, y aporte información complementaria que amenice la espera al cliente o que haga su experiencia de compra/servicio más satisfactoria.

1.2. Necesidad

La necesidad de tener datos con respecto a la ocupación y el uso de servicios en recintos públicos no es un hecho relativamente reciente. El recuento de personas es una tarea fundamental para las funciones operativas, de protección y de seguridad. La estimación precisa del número de sujetos humanos presentes en un lugar nos otorga información valiosa que podemos explotar a nuestro favor para tomar las mejores decisiones. [8]

Asociado al término de “explotación de información” surge el término de “inteligencia empresarial”, que hace referencia al conjunto de estrategias y aplicaciones que se crean a partir del análisis de datos existentes en una empresa. En este sentido, un buen manejo del control de aforo es capaz de optimizar al máximo la inteligencia empresarial, ya que determina de forma precisa la cantidad y el modo en el que se distribuyen los clientes dentro de una región de interés concreta. Dicho de otro modo, conocer el comportamiento del cliente, permite estimar cuáles son las áreas más transitadas y por consiguiente qué productos son los que generan un mayor interés. A partir de esa información, podemos aplicar estrategias de marketing que respondan a las necesidades del usuario final, como la de generar publicidad personalizada por zonas. [8]

Dentro de las funciones operativas, o relacionadas con la gestión empresarial, se pueden optimizar los horarios de los servicios o negocios. Para ello es necesario realizar una estimación de la afluencia mediante el monitoreo de un número de individuos en un área a lo largo de un tiempo. Por ejemplo, utilizar la información acumulada para mejorar los servicios, incrementando de forma precisa el número de personal durante las horas de mayor actividad. De igual manera, aumentar la eficiencia operativa al disminuir el personal durante las horas de menor actividad. [9]

Otra función operativa está relacionada con la implementación de estos sistemas combinados con otros dispositivos inteligentes. A partir de esa combinación, se pueden crear ciudades con edificios y transportes inteligentes, que optimicen la calidad del servicio al mismo tiempo que minimicen el consumo de energía. De este modo,

conociendo al instante el número de personas que ocupan un área de un edificio inteligente, es posible apagar o encender los sistemas de iluminación, el aire acondicionado y la calefacción, en función del nivel de la ocupación en dicha región. [10]

De igual modo, los transportes inteligentes que incorporan sistemas de gestión de aforo son capaces de conocer los niveles de ocupación de los pasajeros en los diferentes servicios. Los pasajeros pueden aprovechar la información recogida para programar mejor su viaje, y al mismo tiempo, la información recopilada permite a las autoridades evaluar y dimensionar el sistema de transporte. [11]

Como se comentó anteriormente, el sistema de recuento de personas tiene importantes aplicaciones en el ámbito de la protección y la seguridad. Una de las aplicaciones más evidentes se produce en situaciones de emergencia, donde es necesaria una evacuación. En estos casos, es vital saber cuántos individuos están presentes dentro de la región de interés en un momento dado, para tener la certeza de que nadie se haya quedado dentro. [12]

Las tareas de control de aforo y gestión de colas suelen combinarse, ya que existe una correlación entre una buena gestión de colas y un correcto funcionamiento del manejo de control de ocupación. Los sistemas de gestión de colas tienen como objetivo atender al mayor número de personas en el menor tiempo posible [13]. Cuando varios sujetos quieren recibir un mismo servicio, existe una alta probabilidad de que se tengan que enfrentar a problemas de colas. Entre los problemas más destacados se encuentran las colas con tamaños excesivamente grandes y los largos tiempos de espera. Todo ello puede producir malestar en el cliente, repercutiendo negativamente en la calidad del servicio. [14]

Los sistemas de colas ofrecen una serie de ventajas y beneficios tanto para clientes, como para empleados y gestores. Por el lado del cliente, se reducen los tiempos de espera, se aceleran los tiempos de servicios y se garantiza un servicio justo para todos. Por el lado de los empleados, se consiguen unas mejores condiciones de trabajo, facilitando un mejor servicio. Finalmente, los gestores reciben informes detallados que

permiten medir el rendimiento del personal, responder a las cargas de trabajo del personal, optimizar la asignación de recursos y proporcionar un mejor servicio a los clientes. [15]

En algunos sectores, como el sanitario, es imprescindible contar con una gestión de colas debido a los retrasos producidos por el alto grado de incertidumbre de la demanda y la incapacidad de poder satisfacerla. El uso de colas se plantea como una posible solución a esos retrasos, permitiendo tomar decisiones sobre la asignación de recursos, así como identificando los niveles adecuados de personal y equipo médico. [16]

La necesidad de tener un sistema de control de aforo y gestión de colas se ha hecho mucho más evidente a partir de la pandemia COVID-19. El principal motivo es que se ha demostrado que el distanciamiento social es un planteamiento efectivo para limitar la propagación de virus con alto grado de transmisibilidad [17]. Cuando hablamos de distanciamiento social nos referimos a las medidas adoptadas para mantener una distancia física entre dos o más individuos y la frecuencia de contacto entre ellos [18]. Por lo tanto, es crucial desarrollar tecnologías que faciliten el distanciamiento social y que ayuden a evitar la propagación de virus.

El control de aforo combinado con la gestión de colas presenta una solución real y precisa para garantizar el distanciamiento social. El control de la ocupación puede conseguirse midiendo, y limitando, el número de personas que pueden visitar espacios determinados. Por consiguiente, el recuento de personas es una herramienta importante para controlar la ocupación de la zona con el fin de minimizar la transmisión de virus. [19]

También se pueden evitar aglomeraciones con diferentes tipos de sistemas de colas, como la cola virtual, un sistema que permite al usuario solicitar turno a través de su teléfono móvil. Por lo que no resulta necesario estar físicamente en el establecimiento [20]. Otra forma de respetar el distanciamiento es mediante cámaras con inteligencia artificial que examinan la cola y emiten una alerta si no se está respetando la distancia en cola. [21]

En conclusión, aunque la popularización de los sistemas de control de aforo se ha producido en gran medida por la irrupción de la pandemia COVID-19, el potencial de estos sistemas va más allá de las cuestiones sanitarias. Como resultado, los sistemas de control de aforo aportan un valor diferencial a la empresa, incrementando la seguridad y la calidad del servicio, así como aportando métricas para su explotación comercial.

2. Estado del arte

En este capítulo vamos a realizar un recorrido de las diferentes tecnologías para el control de aforo y la gestión de colas. Comenzaremos explicando brevemente como se originaron los primeros sistemas, es decir, los manuales; para luego adentrarnos en aquellas tecnologías que en la actualidad cuentan con una mayor presencia y aplicación en el mercado.

Al finalizar este análisis contaremos con una base de conocimiento que nos permitirá decidir qué soluciones tecnológicas son las más adecuadas para el desarrollo del presente trabajo.

2.1. Control de aforo

Una de las técnicas más empleadas para el control y gestión del número de personas que ocupan un espacio, es el empleo de contadores. A lo largo de la historia se han desarrollado diferentes tipos y estos han evolucionado a la par que la disponibilidad tecnológica, pasando de modelos de operación manual hasta modernos sistemas implantados con visión artificial. [8]

Los primeros sistemas de conteo que se desarrollaron fueron los manuales. Los métodos de recuento manual más habituales son los recuentos con hojas, los recuentos con dispositivos pulsadores (*clickers*) (*ver Figura 1*) y los recuentos con cámaras de vídeo.

En el primer método de conteo manual, que se realiza mediante el recuento con hojas, el observador puede anotar, aparte de la entrada y salida, algunas características como la edad y el sexo, realizando una estimación subjetiva. Cuantas más características tenga que anotar, mayor será la dificultad. Para esta medición, la persona encargada se encuentra físicamente presente en la región de interés.

Al igual que en el primer caso, el conteo manual con clickers se caracteriza por la necesidad de ser operados por una persona, que se encarga de registrar la entrada/salida de un cliente en un establecimiento. La medición es bastante más sencilla, pero la información recopilada es menor, pues no se incluye ninguna característica del sujeto. Además, para poder contar con fiabilidad las entradas y las salidas, estas tienen que estar claramente diferenciadas. De igual modo, en caso de querer medir ambas simultáneamente, es necesario contar con un empleado en cada zona.



Figura 1. Dispositivo pulsador para el recuento manual (clicker)
Fuente: Farm Source [22]

El último método de conteo manual, y con una componente más tecnológica, consiste en el registro mediante el visionado de vídeos. El operador revisa los vídeos procedentes de cámaras ubicadas en los accesos al establecimiento, y va registrando manualmente el número de personas que circulan por el área estudiada. Dependiendo si se trata de un vídeo en directo o grabado, el operador tendrá una mayor o menor facilidad para contar, ya que, en el segundo caso, el operador puede pausar o retroceder el vídeo. [23]

Para cualquiera de los métodos manuales mencionados anteriormente, la precisión depende en gran medida de la capacidad del operador para registrar correctamente lo que ocurre. Es decir, existe una gran dependencia del factor humano. Aun así, un estudio relacionado con el conteo de peatones en áreas urbanas demostró que se obtenían resultados significativamente mejores cuando el recuento era realizado mediante la observación de grabaciones de vídeos. [23]

Con el paso de los años el conteo manual ha cedido frente al conteo automático. Generalmente, se habla de tres generaciones de conteo automático. La primera generación utilizaba sensores infrarrojos para la detección y el recuento de personas. Más adelante, aparecieron los dispositivos de segunda generación compuestos por sensores de imágenes térmicas. La tercera generación se divide, a su vez, en soluciones basadas en visión por ordenador y computación de vídeo, y soluciones a partir de contadores con tecnología Wi-Fi. [24]

A continuación, vamos a explicar el funcionamiento de cada una de estas tecnologías de conteo automático, exponiendo las ventajas y desventajas que presentan cada una.

2.1.1 Sensores infrarrojos de ranura

Los sensores infrarrojos de ranura se basan en el empleo del espectro infrarrojo. Siguiendo el principio de reflexión, son capaces de comunicar varios elementos en tiempo real.

Estos sensores se componen habitualmente por dos unidades, un transmisor y un receptor. Habitualmente, el transmisor es un diodo LED que emite luz infrarroja, mientras que el receptor es un fototransistor que recibe esa luz y la interpreta. Por tanto, el transmisor es el encargado de emitir una onda infrarroja continua en línea recta hacia el receptor. En el momento que se produce un cruce, el receptor detecta una ruptura de la línea y considera que se ha producido un evento de salida o entrada. [25]

Es una de las tecnologías automáticas más antiguas para contar personas. Estos sistemas suelen instalarse en los laterales de las puertas, como se muestra en la *Figura 2*. Destacan por ser una solución particularmente económica y de implementación muy sencilla. Sin embargo, su uso práctico solamente está recomendado para casos muy específicos, como, por ejemplo, en tiendas donde únicamente puede entrar una persona a la vez. En el caso de que se quisiera detectar la dirección del movimiento, sería

necesario contar con dos pares de sensores, es decir, dos transmisores y dos receptores. [25]

En definitiva, en términos de practicidad y costo, son una gran opción, pero necesitan condiciones muy específicas para entregar datos que puedan considerarse útiles. Los infrarrojos son una solución inviable para accesos muy grandes o concurridos, donde muestran un alto porcentaje de error debido a su incapacidad de contar varias personas entrando simultáneamente (*ver Figura 2*). Al no ser capaces de identificar a los individuos, se produce un error cuando una persona entra y sale al instante por donde ha entrado. El contador lo detecta como dos entradas, cuando en términos efectivos no se ha producido ninguna (*ver Figura 2*). [25]

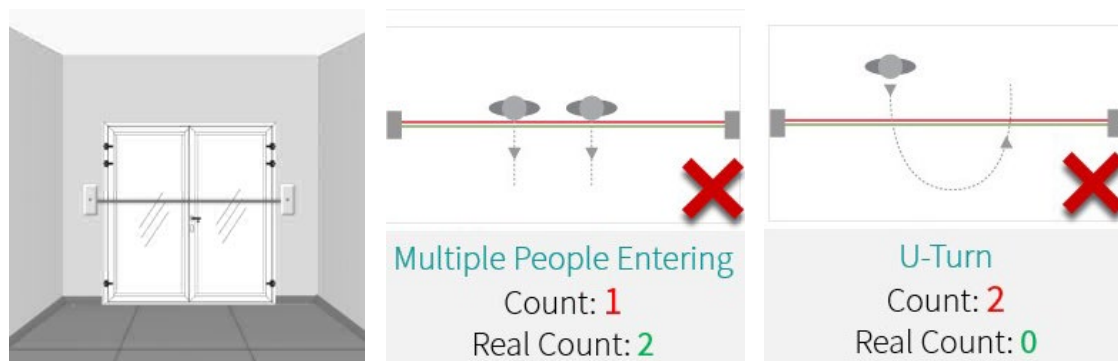


Figura 2. Sensores infrarrojos y posibles incidencias
Fuente: Evolution of People Counters [26]

2.1.2 Sensores térmicos

Los sensores térmicos son dispositivos capaces de analizar los cambios de temperatura de las personas en comparación con la superficie circundante. A partir de esta propiedad puede resultar sencillo estimar la ocupación en una determinada área. [27]

Para entender un poco mejor cómo funciona es necesario conocer el significado del término emisividad, que se conoce como la capacidad de un objeto de emitir energía infrarroja. Dependiendo de la temperatura del objeto radiante y de su emisividad, los

objetos irradiarán calor con determinadas longitudes de onda. Cuanto mayor sea la temperatura del objeto, mayor será su radiación. Los dispositivos térmicos son capaces de detectar los pequeños rangos de emisión infrarroja de los objetos. Por tanto, los sensores son capaces de convertir la radiación térmica en una señal digital. A partir de esta señal digital se obtiene una imagen visible. [28]

Este tipo de dispositivos se fijan normalmente al techo (*ver Figura 3*) y suelen ofrecer muy buenos resultados en áreas de mucho tránsito como los centros comerciales. Dónde, a diferencia de los sensores de ranura, son capaces de contar a múltiples sujetos a la vez. Además, son ideales en ambientes de poca visibilidad o de total oscuridad, porque no requieren de luz para poder funcionar. [29]

Sin embargo, a diferencia de otras tecnologías, los sensores térmicos no pueden distinguir rasgos anatómicos como edad o género. A la par que presentan limitaciones para distinguir a las personas por su altura y, por tanto, no pueden diferenciar entre adultos y niños. Las temperaturas extremas, como se ilustra en la *Figura 3*, pueden dar lugar a falsos positivos o a falsos negativos. En ambientes calorosos, la temperatura del entorno puede estar próxima a la temperatura de los sujetos, dificultando la tarea de conteo. De igual manera, presentan dificultades para obtener resultados fiables en condiciones frías que comportan lluvia.

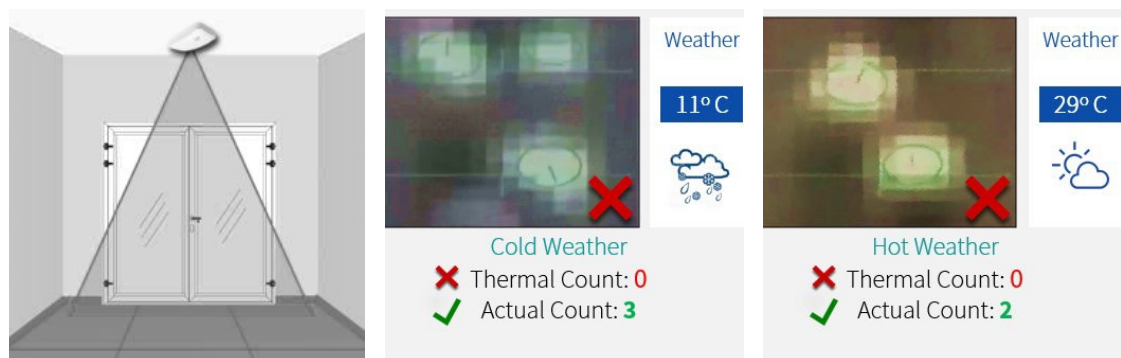


Figura 3. Sensores térmicos y posibles incidencias
Fuente: *Evolution of People Counters* [26]

2.1.3 Cámaras de vídeo

El problema del recuento de personas mediante el uso de tecnologías de visión por ordenador se ha enfrentado utilizando dos enfoques distintos. En el enfoque basado en detección, primero se detectan de manera individual a las personas dentro de la región de interés, mediante algún algoritmo de segmentación y detección de objetos, y luego se procede a contarlas. En el segundo enfoque, basado en mapas, el conteo se realiza mediante la utilización de alguna característica que no requiere la detección por separado de cada persona que compone el área a analizar. [30]

Los enfoques basados en detección presentan una mayor limitación a la hora de su aplicación, particularmente en situaciones donde las personas caminan una al lado de la otra produciéndose oclusión. Los enfoques basados en mapas suelen extraer características basadas en el movimiento de los objetos, como la densidad de los bordes o la cantidad de píxeles en movimiento, con la finalidad de estimar el número de personas en un área determinada a partir de un clasificador. Estos tipos de enfoques tienen el inconveniente de necesitar que los individuos estén en movimiento para efectuar el conteo. No obstante, el recuento de personas se aplica mayormente en situaciones donde los individuos están en constante movimiento. [9]

En cuanto a hardware, existen dos tipos de sistemas basados en visión por ordenador. Los sistemas monoculares o de una sola lente, y los estereoscópicos o de doble lente [3]. En la *Figura 4*, se muestra un ejemplo de cada uno, a la izquierda los compuestos por cámaras monoculares y la derecha los compuestos por cámaras estereoscópicas.



Figura 4. Ejemplo de cámara monocular y de cámara estereoscópica
Fuente: Infoplus Solutions [31]

La mayoría de los sistemas se basan en cámaras monoculares debido a su menor requerimiento de instalación y mantenimiento. Se pueden instalar de forma oblicua, pudiendo abarcar una región extensa, o cenital apuntando al suelo (*ver Figura 5*). Para el primer caso, el principal problema, se produce por la oclusión o superposición de sujetos humanos. En este tipo de instalaciones no solo se busca tener un registro de las personas que ocupan una zona, sino que se realizan seguimientos sobre las mismas para analizar su comportamiento con fines comerciales. Para el segundo caso, el problema de oclusión se minimiza, pero la región de interés se reduce. Las instalaciones con ángulo cenital no se centran en el seguimiento y comportamiento de los individuos, en cambio, ofrecen una estimación precisa de las personas que han entrado y salido del recinto. De forma que estos últimos, son más apropiados para el control de aforo en términos de seguridad. [3]

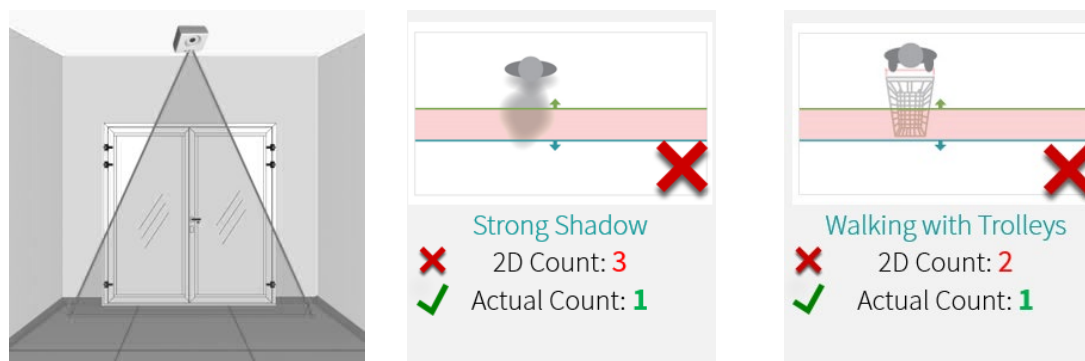


Figura 5. Videocámaras monoculares (instalación cenital) y posibles incidencias
Fuente: Evolution of People Counters [26]

Las cámaras estereoscópicas utilizan el mismo enfoque que la visión humana, combinando y procesando el vídeo de dos lentes, para detectar cuerpos en tres dimensiones, permitiendo hacer un seguimiento de cada uno [32]. Para su instalación, la cámara va montada por encima de la cabeza y apuntando al suelo, ofreciendo una vista cenital [32] (*ver Figura 6*). Esta posición le permite evitar mejor la oclusión y al mismo tiempo ofrece una región de interés reducida. En el caso de querer abordar un área más extensa, es necesario montar otras cámaras en paralelo, aumentando así el coste final del sistema. La instalación es más difícil, ya que es necesaria una mayor precisión para la calibración. Asimismo, requieren de un mantenimiento mayor debido

al posible movimiento indeseado de la cámara, que provocaría que la cámara dejara de funcionar correctamente. [3]

Una de las ventajas de las cámaras estereoscópicas es la capacidad para realizar un filtrado por altura de elementos dentro de una región de interés. De este modo, el dispositivo es capaz de excluir niños o carritos de la compra. Este tipo de sistemas se adapta a todo tipo de espacios, desde los más sencillos hasta aquellos con una gran afluencia de público. [32][33]

Tanto en el sistema monocular como en el estereoscópico, las condiciones de iluminación pueden ser un factor muy limitante a la hora de obtener un buen resultado. Sin embargo, en la actualidad existen modelos que incluyen tecnología avanzada para trabajar en ambientes oscuros o de poca luz. [34]

A diferencia de lo que ocurría para sensores infrarrojos de ranura, las cámaras estereoscópicas realizan un seguimiento de los individuos. Por tanto, para el caso de que una persona entre y salga en el mismo instante, la cuenta efectiva es igual a cero (ver Figura 6).

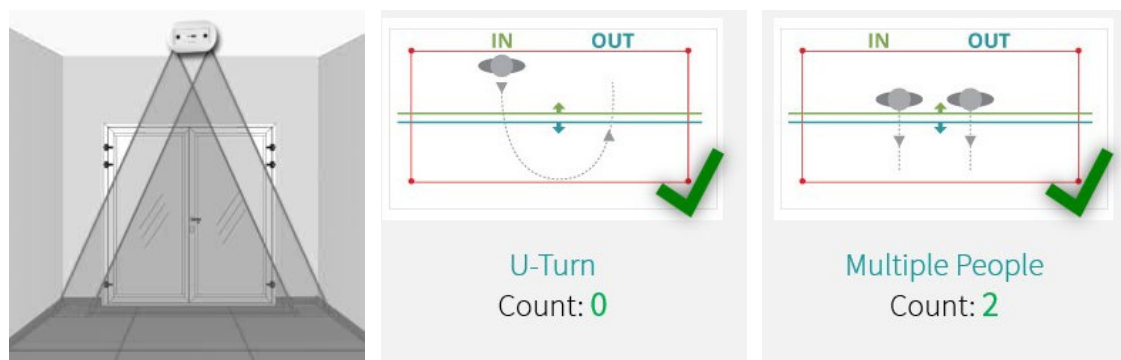


Figura 6. Cámaras estereoscópicas 3D
Fuente: Evolution of People Counters [26]

2.1.4 Contadores Wi-Fi

Estos contadores recogen las señales Wi-Fi que envían los teléfonos inteligentes identificando de forma exclusiva al emisor (*ver Figura 7*). A partir de la dirección MAC, unívoca para cada dispositivo vinculado a una red, el equipo es identificado y su recorrido puede ser registrado. [35]

Sin embargo, esta tecnología presenta importantes limitaciones a la hora del conteo de personas, ya que es necesario que el sujeto tenga su dispositivo móvil operativo y conectado a la red Wi-Fi del recinto. Dado que ambas condiciones no se pueden garantizar, los datos aportados pueden ser muy poco precisos sobre la ocupación efectiva en tiempo real de una determinada área. [35]

Pese a que es difícil garantizar una buena gestión del control de aforo, es una herramienta muy potente y eficiente en términos de seguimiento de personas. Permite distinguir patrones de comportamiento muy interesantes a partir de la recopilación de un conjunto de datos. Además, en zonas donde hay una considerable concentración de sujetos humanos, como en manifestaciones, puede ser útil para obtener una estimación del número de personas. En estas situaciones, las cámaras presentan peores resultados debido a la oclusión [35]. En resumen, es una solución con enorme potencial en marketing, pero no es lo suficientemente eficiente para garantizar un ambiente seguro.



Figura 7. Contador Wi-Fi
Fuente: Wi-Fi Tracker people counter [36]

2.2. Gestión de colas

Otro aspecto fundamental en la gestión de flujos circulatorios de público es el control del acceso a los puntos de servicio, es decir, aquellos lugares en los que el sujeto recibe atención personalizada. Los parámetros más importantes para considerar en la gestión de colas son la densidad de público, los tiempos de espera para ser atendido, y el tiempo de uso del servicio. [37]

En la actualidad la mayoría de los sistemas de gestión de colas son manuales y están destinados a espacios reducidos con poco tránsito. Sin embargo, para los entornos más grandes y donde el flujo es complejo, como pueden ser hospitales o hipermercados, es recomendable integrar sistemas de gestión de colas automatizados. [37]

Se pueden clasificar las colas según la manera en la que el cliente es atendido. A continuación, vamos a explicar las distintas colas siguiendo el criterio anteriormente mencionado:

- **Cola Rápida.** Se elige procesar primero a la ejecución que requiera de menor tiempo. El modo más sencillo para comprender su funcionamiento es con el ejemplo de caja rápida del supermercado (*ver Figura 8*), donde se establece un máximo de productos, de modo que se garantiza a los clientes con compras pequeñas ser atendidos de forma preferente. Debido a su simplicidad, es capaz de ofrecer buen rendimiento y minimizar el tiempo de espera de cada proceso. Como inconveniente, todos los clientes no reciben el mismo trato, por lo que a la larga podrían producirse conflictos o malestar en aquellos clientes que no reciben ese mismo servicio.

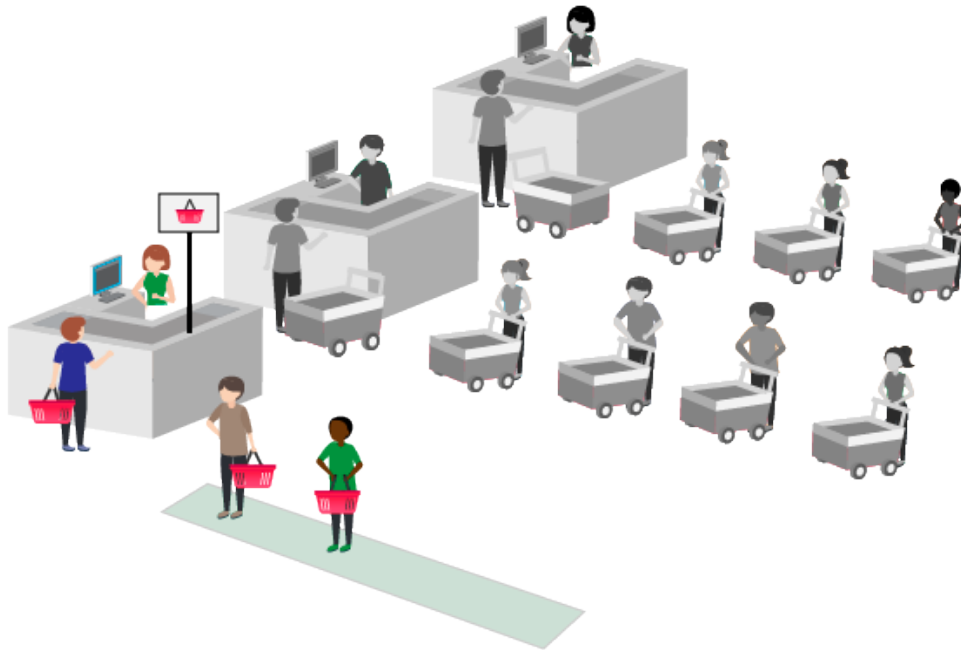


Figura 8. Cola rápida
Fuente: Elaboración propia

- **Cola Única.** Se trata del sistema más común donde el primero que hace la cola, es el primero en ser atendido. Existe una única cola y un único punto de servicio (ver Figura 9). Se considera que todos los clientes reciben un trato justo. Sin embargo, no es óptima en términos de tiempos de espera.



Figura 9. Cola única
Fuente: Elaboración propia

- **Cola Múltiple.** En vez de integrar una única cola con un único punto de servicio, se ofrece múltiples colas con múltiples puntos de servicios (*ver Figura 10*). Es un formato popular en supermercados. Se agilizan los tiempos de espera, pero no se recibe un trato justo.



*Figura 10. Cola múltiple
Fuente: Elaboración propia*

- **Cola Difusa.** No existe una cola física donde los clientes esperen, sino que los clientes se registran mediante un proceso de tique o similar (*ver Figura 11*). Este tipo de colas suele aplicarse en las secciones de frescos de los supermercados (charcutería, carnicería y pescadería). Además, la cola difusa se asocia con aplicaciones digitales, donde las colas son virtuales y el tique se genera desde el mismo teléfono.



Figura 11. Cola difusa
Fuente: Elaboración propia

- **Cola Principal.** Es una combinación entre la cola única y varios puestos de servicio. De modo que todos los clientes esperan en una misma fila y van accediendo a la caja o puesto de servicio disponible (ver Figura 12). Es un formato que requiere de un mínimo de cajas para ser efectivo. Es posible verlo en grandes hipermercados. El cliente recibe un trato justo, ya que el primero en ponerse en cola es el primero en ser atendido, y además se disminuyen los tiempos de espera.

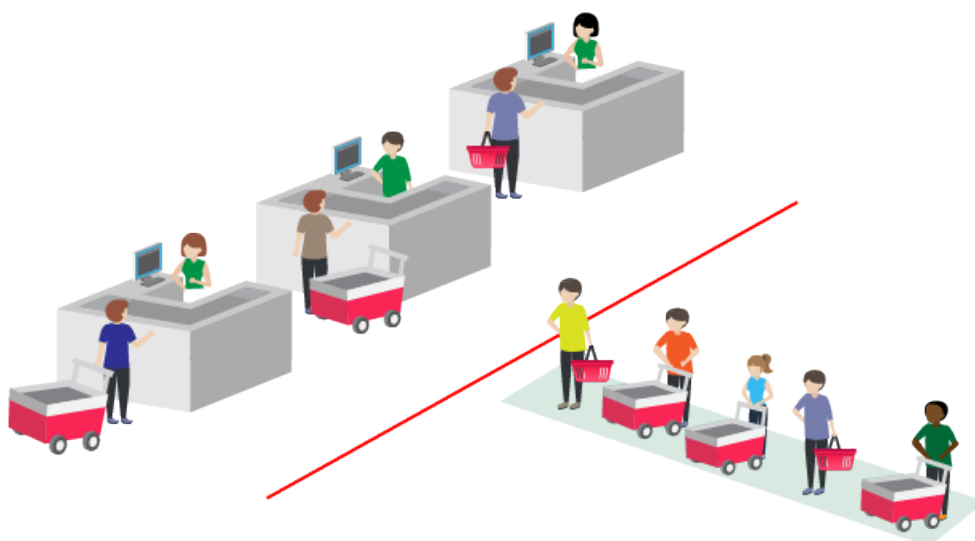


Figura 12. Cola principal
Fuente: Elaboración propia

Una vez analizados los tipos de colas, vamos a ver qué tipos de sistemas de gestión de colas podemos encontrarnos:

- **Sistemas de Colas Autónomos.** Están basados en las colas únicas, donde solo existe un punto de servicio y todos los clientes son atendidos en ese mismo punto. En estos sistemas se llama o se muestra el turno respetando el orden de llegada, de modo que todos los clientes reciben un trato justo. Estos sistemas funcionan bien para entornos pequeños como una farmacia.
- **Sistemas de Colas Avanzados.** Son una versión mejorada de los primeros sistemas, añaden más puntos de servicio para ofrecer una mayor flexibilidad en el proceso. Además, recopilan información para que el gestor pueda hacer un análisis y seguimiento en tiempo real. Estos sistemas están pensados para servicios que cuentan con múltiples departamentos, como pueden ser hospitales o bancos.
- **Sistemas de Control de Colas Centralizado.** Se utilizan cuando el número de clientes y departamentos es aún mayor que el caso anterior. Estos sistemas suelen estar en línea, ya que cada departamento puede estar en un edificio diferente o incluso en una zona geográfica distinta. Por tanto, a través de internet, proporcionan una supervisión global en tiempo real.

2.3. Digital Signage para la gestión del control de aforo

La Señalización Digital o Digital Signage (DS), consiste en la creación y distribución de contenido multimedia a través de dispositivos de visualización (pantallas) en entornos concretos bajo el concepto de circuito cerrado de televisión. El DS puede incluir anuncios, información sobre el establecimiento o información de ámbito general, como la hora, el tiempo o las noticias (*Ver Figura 13*). También, incluye distintos tipos de estimulaciones auditivas como los hilos musicales y las alarmas o avisos.

La diferencia entre los sistemas de pantalla tradicionales y los sistemas de señalización digital, reside en que estos últimos ofrecen una gestión de contenidos centralizada, así como, la posibilidad de presentar datos en tiempo real y combinarlos con otras tecnologías. [38]



Figura 13. Ejemplos de Digital Signage
Fuente: Cortesía de [Dj3 Networks](#) [39]

Desde el punto de vista económico, los sistemas de señalización digital requieren una mayor inversión inicial respecto a los sistemas tradicionales. No obstante, a largo plazo ofrecen un ahorro económico importante y una reducción del tiempo de mantenimiento. Puesto que, una vez realizada la instalación, los contenidos pueden modificarse automáticamente y de manera centralizada desde un sistema remoto. [40]

Una clara desventaja de los sistemas tradicionales de señalización es que su contenido es estático. Los sistemas de señalización digital pueden crear contenido personalizado e interactuar con el cliente en tiempo real. Mediante cámaras instaladas en los carteles se puede analizar el comportamiento, los rasgos físicos y la respuesta para ofrecer el contenido más apropiado en cada caso. [41]

A la hora de integrar las métricas procedentes de los sistemas de control de aforo y gestión de colas, se visualizan dos corrientes. Por un lado, las soluciones DS más básicas de tipo semáforo en las que se muestran iconos fácilmente interpretables por los usuarios sobre el estado del servicio. En la *Figura 14*, se puede visualizar un ejemplo de interfaz visual DS tipo semáforo digital para el control del número de personas en un espacio determinado.



Figura 14. Ejemplos de Digital Signage aplicado al control de aforo
Fuente: Premier Wireless [42]

Por otra parte, las métricas pueden combinarse con otro tipo de contenidos audiovisuales (ver *Figura 15*) con el fin de entretener a la par que informar al público, consiguiendo reducir la percepción de los tiempos de espera, así como mejorar los resultados comerciales asociados a la publicidad que se emite en las pantallas. [43], [44] [45]

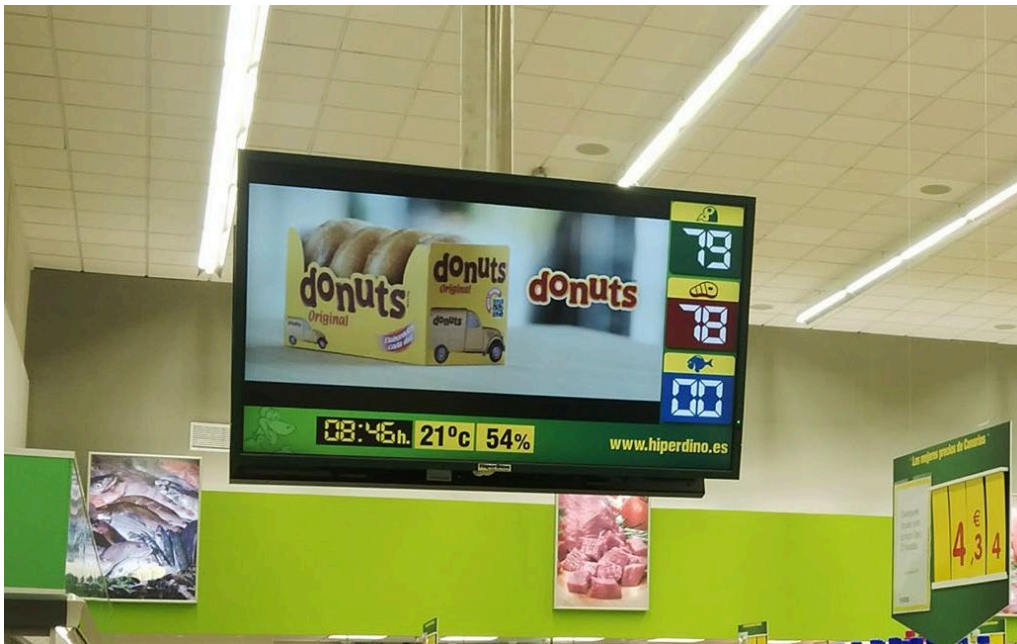


Figura 15. Ejemplo de señalización digital para la gestión de colas
Fuente: Cortesía de [Dj3 Networks](#) [39]

En definitiva, la señalización digital es una herramienta complementaria utilizada para optimizar la gestión de colas, aunque también puede aplicarse a los sistemas de control de aforo por medio de pantallas que informan del estado actual de ocupación. Adicionalmente, tiene una valiosa componente comercial, centrada en instar al cliente a seguir consumiendo.

2.4. Elección de medios técnicos

Basándonos en el análisis que hemos efectuado y las necesidades del presente trabajo, consideramos que la tecnología más adecuada es la de visión por ordenador, es decir, mediante el uso de cámaras inteligentes. A grandes rasgos, las principales ventajas que ofrecen son:

- Permite la obtención en tiempo real del número de personas dentro de una región con una alta precisión.
- Facilita la integración con los circuitos cerrados de seguridad. Detectando actitudes o comportamientos sospechosos.
- Posibilitan la recopilación de datos y características de los usuarios, para su análisis y explotación comercial.
- Se adaptan a diferentes tipos de entorno.

Con base en esta elección, deberemos procurar una integración hardware/software adecuada de los dispositivos para facilitar su operación y alcanzar los objetivos del presente trabajo.

3. Diseño de solución

Como se ha comentado anteriormente, el presente TFG tiene como objetivo el diseño de una solución de control de aforo que permita gestionar entornos de gran afluencia de personas.

Para lograr este objetivo se plantea una propuesta que integra dos componentes centrales. El primero de ellos se corresponde con la solución hardware, la cual está basada en un sistema de visión artificial, es decir, cámaras de vídeo con funciones avanzadas de aprendizaje profundo. El segundo componente se corresponde con un desarrollo software que permite una comunicación eficaz entre las cámaras y un servicio web a través de un intérprete.

A grandes rasgos, el esquema de implementación se corresponde con el representado en la *Figura 16*.

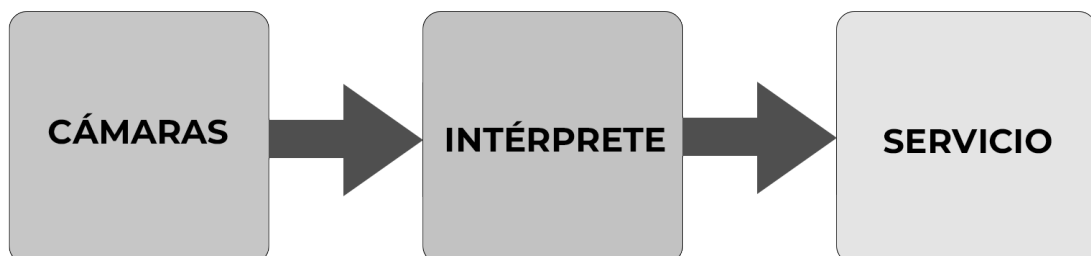


Figura 16. Esquema general de la solución de diseño
Fuente: Elaboración propia

Hay que destacar que en todo este desarrollo se apuesta por la utilización de software de uso libre, con el fin de ofrecer una herramienta accesible y reducir los costes de implementación.

3.1. Hardware

En este apartado introducimos los elementos materiales necesarios para la elaboración de este trabajo, así como su integración.

El desarrollo se ha realizado a partir de una serie de equipamientos disponibles en el Laboratorio de Medios de Producción de Televisión (LMPTV) del Departamento de Señales y Comunicaciones de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

El LMPTV tiene a su disposición dos unidades de cámaras de vídeo del fabricante Hikvision, orientadas para aplicaciones de supervisión y control de flujos circulatorios. En concreto, cuenta con una unidad de cámara cuyo modelo se denomina Dual-Lens People Counting y que está diseñada para el recuento de personas; y una unidad de cámara de vídeo del modelo Deep-In View que incorpora funciones de reconocimiento facial [46], gestión de colas [5], análisis de múltiples atributos (género, edad, gafas, mochilas, etc.).

Este conjunto de cámaras se gestiona a través de una red LAN creada expresamente para este propósito. Para implementar la red se dispone de un conmutador del fabricante D-Link (Modelo DGS-1210-10P). Este dispositivo permite la gestión de red con niveles L2 y L3, así como proporciona alimentación Power Over Ethernet (POE) a las cámaras directamente y a través de los cables de red [47].

Todos los elementos materiales que componen nuestro apartado de hardware pueden ser gestionados desde cualquier ordenador conectado a la red de trabajo implementada. Así, desde una estación de trabajo podemos acceder a las interfaces de administración de las cámaras y conmutador de red. En la *Figura 17* se presenta un esquema correspondiente con la parte de hardware mencionada.



Figura 17. Esquema del hardware
Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Cámara de conteo - Dual-Lens People Counting (DS-2CD6825G0/C-IS)

Es una cámara de doble lente, basada en la tecnología de visión estéreo binocular, mediante la cual a partir de dos imágenes es capaz de capturar imágenes en tres dimensiones. Es decir, esta tecnología posibilita la detección de la cabeza y su seguimiento en tres dimensiones y obtiene una trayectoria precisa en tiempo real de todos los objetos en movimiento dentro del área de conteo. Al analizar los datos de la trayectoria, puede lograr un recuento de personas de alta precisión. Este modelo en particular está destinado para interiores, pero existe una versión análoga para exteriores. [48]

Dispone de una serie de eventos básicos tales como la detección de movimiento, una alarma de manipulación de vídeo o distintas excepciones (red desconectada, conflicto de dirección IP, inicio de sesión ilegal, disco duro lleno, error de disco duro). Soporta el envío en tiempo real o por ciclo estadístico y es capaz de enviar reportes diarios, semanales o anuales mediante correo electrónico. También soporta el filtro de objetivos por altura, lo que le permite diferenciar entre un adulto y un niño, pudiendo así filtrar el segundo. [49]

La instalación debe ser perpendicular al suelo como se muestra en la *Figura 18*, independientemente que esté pegada al techo o por soporte auxiliar. Por tanto, la cámara debe ofrecer una vista cenital de la zona de conteo o región de interés. [49]

Para poder realizar las primeras pruebas con la cámara en el laboratorio se ha simulado un entorno, reproduciendo en bucle un vídeo que muestra una vista cenital de la entrada de un negocio y colocando la cámara sujeta a un trípode frente al monitor.

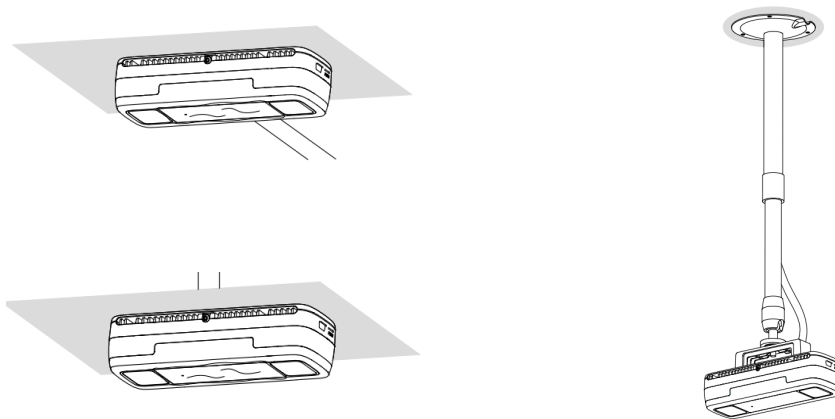


Figura 18. Opciones de instalación cenital para la cámara Dual-Lens People Counting
Fuente: Guía de instalación del fabricante [49]

Los documentos aportados por el fabricante son de carácter general y no aplicables en todos los modelos. Para explicar mejor las posibilidades de personalización de la cámara, partimos del entorno web de configuración que dispone. Lo primero que se muestra es una vista en directo de la cámara (*ver Figura 19*).



Figura 19. Menú de Vista en Directo.

Fuente: Interfaz web de configuración cámara Dual-Lens People Counting

La siguiente pestaña, denominada Aplicación, ofrece una serie de informes y métricas por fechas (ver Figura 20). Aunque aporta información valiosa, no es posible ver la información de más de una cámara en el mismo entorno de trabajo y tampoco es posible configurar los gráficos.

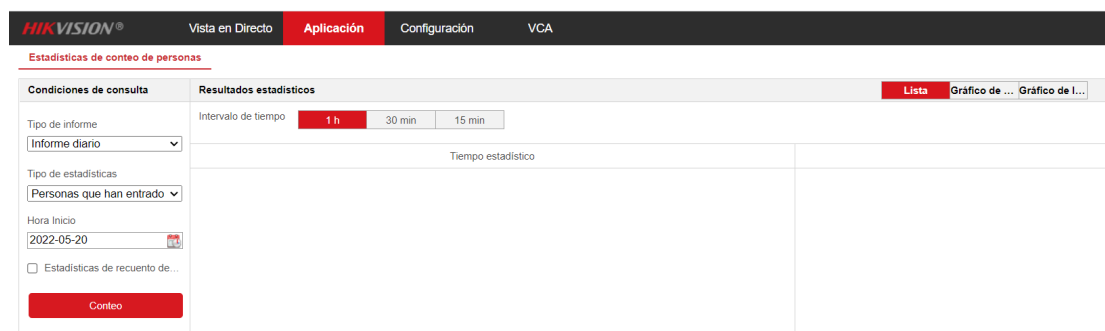


Figura 20. Menú de Aplicación

Fuente: Interfaz web de configuración cámara Dual-Lens People Counting

En la pestaña de Configuración se puede modificar desde información básica como la hora, hasta el ajuste de seguridad, la gestión de las cuentas de sesión o los parámetros de red como la IP y la MAC (ver Figura 21). Asimismo, se pueden configurar los distintos puertos para los protocolos de comunicación. En el apartado de vídeo es posible modificar parámetros como la resolución o el tipo de codificación. Así como la

habilitación y configuración de eventos como la detección de movimiento o la detección de cambio de escena. Por último, es posible configurar el almacenamiento en nube.

Información básica		Ajuste hora	DST	RS-232	RS-485	Acerca de
Nombre dispositivo	<input type="text" value="HIK-DUALCAMERA"/>					
Nº de dispositivo	<input type="text" value="1"/>					
Modelo	<input type="text" value="DS-2CD6825G0/C-IS"/>					
Nº serie	<input type="text" value="DS-2CD6825G0/C-IS20200527AAWRE45040533"/>					
Versión de firmware	<input type="text" value="V5.5.90 build 190828"/>					
Versión Codificación	<input type="text" value="V7.3 build 190826"/>					
Versión web	<input type="text" value="V4.0.1 build 190702"/>					
Versión del complemento	<input type="text" value="V3.0.7.13"/>					
Número de canales	<input type="text" value="1"/>					
Nº de HDDs	<input type="text" value="0"/>					
Nº de entrada de alarma	<input type="text" value="1"/>					
Número salidas de alarma	<input type="text" value="1"/>					
Propiedad de la versión d...	<input type="text" value="B-R-H7-0"/>					

Figura 21. Menú de Configuración

Fuente: Interfaz web de configuración cámara Dual-Lens People Counting

La parte de mayor aplicación práctica se encuentra situada en el Análisis de contenido de vídeo o VCA (ver Figura 22). Lo primero que se observa es que la cámara tiene dos modos de funcionamiento. Uno activo, denominado “Recuento de personas” y uno pasivo, denominado “Monitorización”, que lo único que hace es mostrar lo que está captando la cámara. Para este trabajo utilizaremos el modo activo, ya que es el que nos aporta información útil.

La sección de “Conteo de personas” solo está visible para el modo activo, es decir, el modo de “Recuento de personas”. Dentro de la sección observamos que existen dos formas de contabilizar el flujo de entrada y salida. Para cualquiera de los dos modos, lo primero es establecer el “Área de recuento” que está marcada por el recuadro en rojo, y posteriormente elegir la “Zona”, marcada en azul, que tiene que estar contenida dentro del “Área de recuento”.

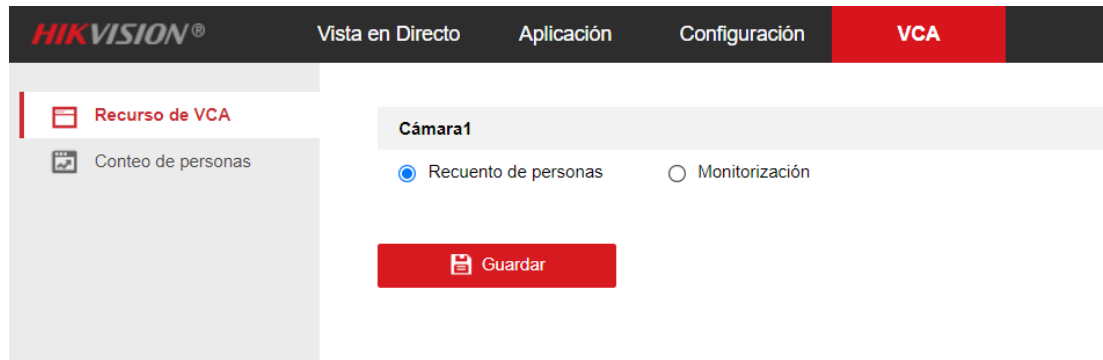


Figura 22. Menú de VCA

Fuente: Interfaz web de configuración cámara Dual-Lens People Counting

Una vez definidos esos dos campos, tenemos que usar la línea de detección de color amarillo, que debe estar contenida dentro de la “Zona”, como se muestra en la Figura 23. La flecha de la “Línea de detección” indica el sentido de la entrada, es decir, que, si una persona atraviesa la línea en sentido contrario a la flecha, la cámara lo detectará como una salida. De igual manera, si se atraviesa en el mismo sentido que la flecha, la cámara lo percibirá como una entrada.



Figura 23. Recuento de personas usando la "Línea de detección"

Fuente: Interfaz web de configuración cámara Dual-Lens People Counting

El otro modo de realizar el conteo es mediante las zonas “A” y “B”, representadas gráficamente como dos recuadros de color violeta (ver Figura 24). Si el individuo va de

la zona "A" a la zona "B" la cámara lo interpreta como una entrada, en el caso contrario, como una salida.

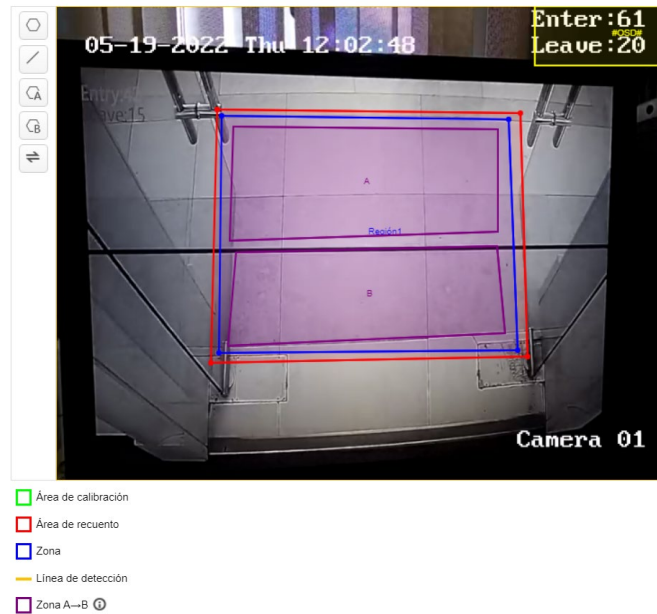


Figura 24. Recuento de personas usando las zonas "A" y "B"
Fuente: Interfaz web de configuración cámara Dual-Lens People Counting

3.1.2 Cámara de gestión de colas DeepIn View (iDS-2CD7146G0-IZS)

Es una cámara monocular, o de una sola lente, destinada entre otras funciones al conteo de personas y gestión de colas. Cuenta con reconocimiento facial y utiliza algoritmos de Deep Learning para mejorar la precisión de recuento de personas. Sin embargo, en este trabajo solo se hará uso de un modo, el de gestión de colas. Por tanto, pese a que se podría emplear esta cámara para el conteo de personas, se destinará exclusivamente esa tarea a la primera cámara (Dual Lens People Counting). Además, este modelo dispone de todas las características mencionadas en la cámara Dual Lens People Counting, como el envío por correo de informes diarios, semanales y mensuales.

En el apartado técnico cuenta con una mayor resolución (4 MP), con respecto a la cámara Dual Lens People Counting; y una mayor sensibilidad en espacios poco iluminados, gracias a una tecnología denominada DarkFigther, que permite obtener

imágenes nítidas en entornos oscuros [34]. La cámara tiene un alcance de 30 metros y una resolución máxima de 2560x1400 a 25 fotogramas por segundo (FPS). Destaca también por su función Protector de Perímetros, la cual analiza el perímetro mediante algoritmos de detección y clasificación de objetivos basados en el aprendizaje profundo, supervisando las acciones de cruce de líneas, intrusión, entrada y salida de la región. [50]. Por último, cuenta con Smooth Streaming (*ver Figura 25*), un mecanismo de autocorrección de datos que garantiza una transmisión fluida, mitigando posibles fallos, incluso cuando la conexión a internet no es muy estable. [51]

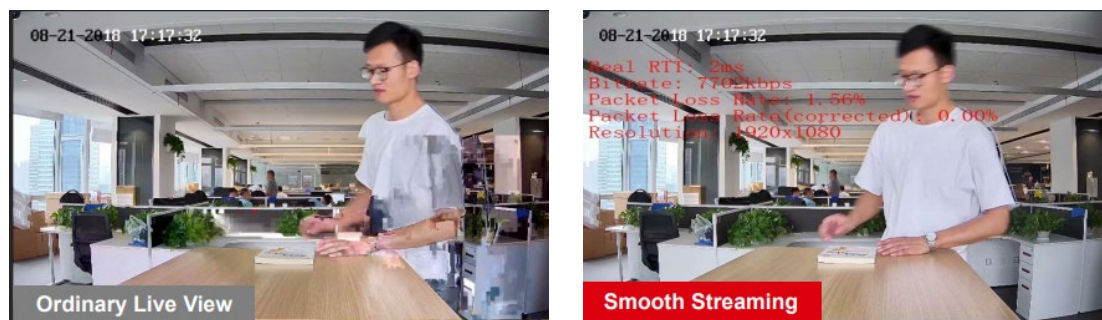


Figura 25. Comparativa entre una cámara normal y una con Smooth Streaming

Fuente: Presentación DeepInView serie 7 [51]

Los apartados de configuración son idénticos a los de la cámara Dual Lens People Counting mencionada anteriormente, en algunos casos dentro de los apartados ofrecen una mayor posibilidad de modificación.

El modo que se va a implementar en este proyecto es el de gestión de colas. El cual permite analizar hasta tres regiones. A partir de esta limitación, se pueden plantear distintos escenarios.

Como se muestra en la *Figura 26*, esta cámara nos permite obtener información del número de personas dentro de una región, el tiempo de espera y la hora de entrada y salida. En este apartado dibujaremos las regiones y ajustaremos algunos parámetros como el intervalo de alarma o el límite de personas dentro de una región.

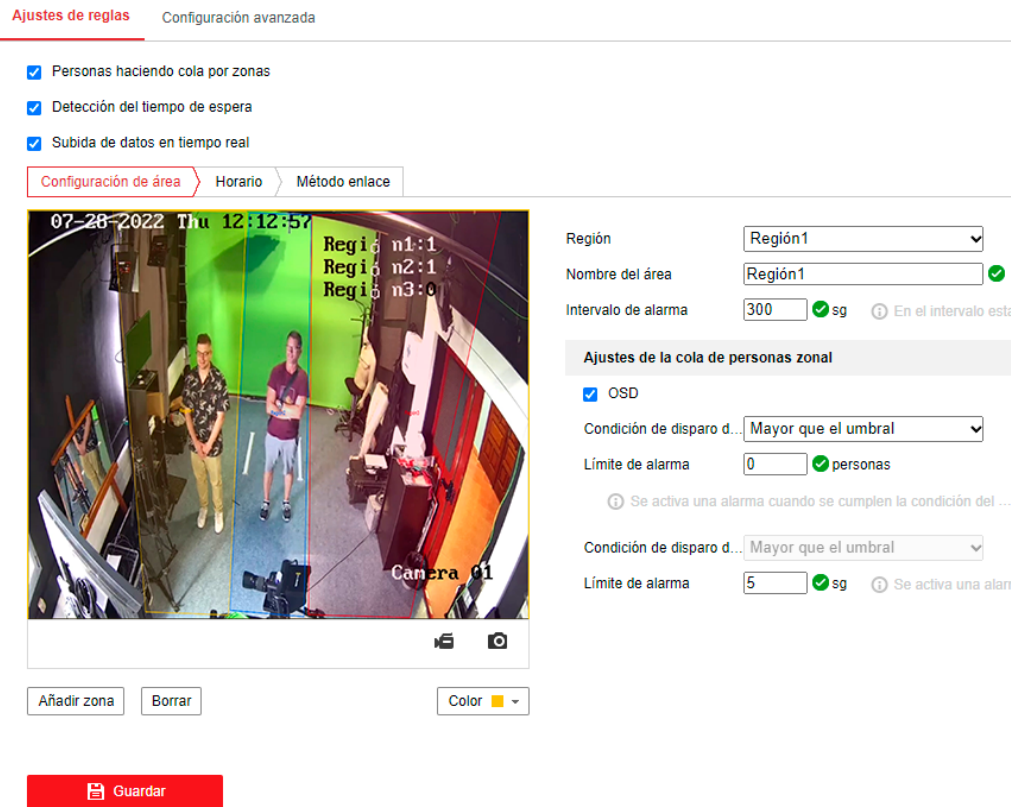


Figura 26. Menú de VCA

Fuente: Interfaz web de configuración cámara DeepIn View

La configuración avanzada de la administración de cola nos permite ajustar el tamaño del objetivo, así como su desplazamiento, además podemos establecer un tiempo mínimo de espera, de forma que, si no llega a ese mínimo, la cámara no tenga en cuenta a esa persona (ver Figura 27). Además, se puede ajustar la validez. Si se establece una validez muy alta, las características del objetivo requeridas deberían ser más obvias, y la precisión de la alarma será mayor, sin embargo, un objetivo con características menos obvias podría no ser reconocido. [50]

Ajustes de reglas **Configuración avanzada**

Administración de la cola...

Filtro		
Tamaño del objetivo	<input type="text" value="128"/>	píxel
Desplazamiento del objetivo	<input type="text" value="128"/>	píxel
Duración de espera mín.	<input type="text" value="1"/>	sg
Validez	<input type="text" value="50"/>	

Figura 27. Menú de Configuración

Fuente: Interfaz web de configuración cámara DeepIn View

El rendimiento de este tipo de cámaras se ve alterado por su ubicación. Si se instalan en paralelo a la cola o línea de espera, pueden experimentar problemas para identificar y contar con precisión. Dichos problemas se producen por el fenómeno de oclusión, es decir, la superposición de los cuerpos de los individuos dentro de la región de interés. (ver Figura 28).

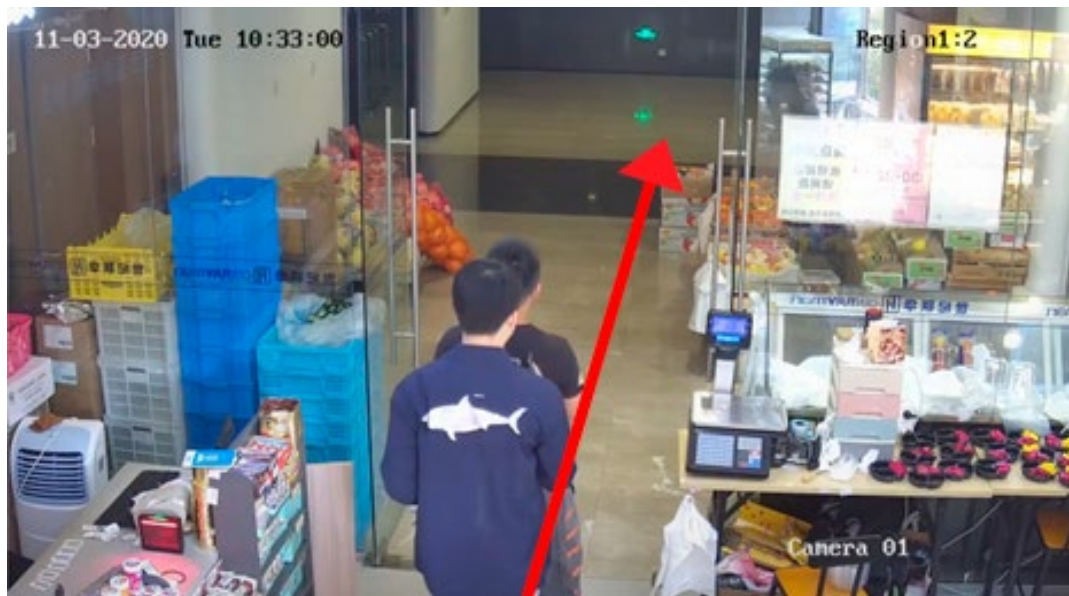


Figura 28. Ejemplo de instalación errónea

Fuente: Vídeo de Hikvision en [YouTube](#) [52]

Por tanto, lo más recomendado es la instalación de la cámara perpendicularmente a la línea de la cola principal o de la línea de espera, como se muestra en la *Figura 29*.



Figura 29. Ejemplo de instalación correcta
Fuente: Vídeo de Hikvision en [YouTube](#) [52]

Con base en lo anterior y atendiendo a las capacidades intrínsecas del modelo DeepIn View, en la *Figura 30*, se plantea un posible escenario mucho más complejo donde es necesario procesar la información de hasta tres regiones. En este caso, cada región es una cola de espera, la información que obtenemos es el número de personas en la cola y el tiempo de espera de cada uno. Pero el tipo de dato que obtenemos es subjetivo y depende de cada situación. Por ejemplo, si desplazamos las cámaras en la zona donde están las cajas, lo que era tiempo de espera, se convierte ahora en tiempo de proceso.

Otro parámetro fundamental asociado a la ubicación de este tipo de cámaras es la iluminación del entorno. En el capítulo del estado del arte se comentó que, para entornos de poca iluminación o iluminación nula, los sistemas más apropiados eran los basados en sensores térmicos, ya que no requerían de luz para funcionar.

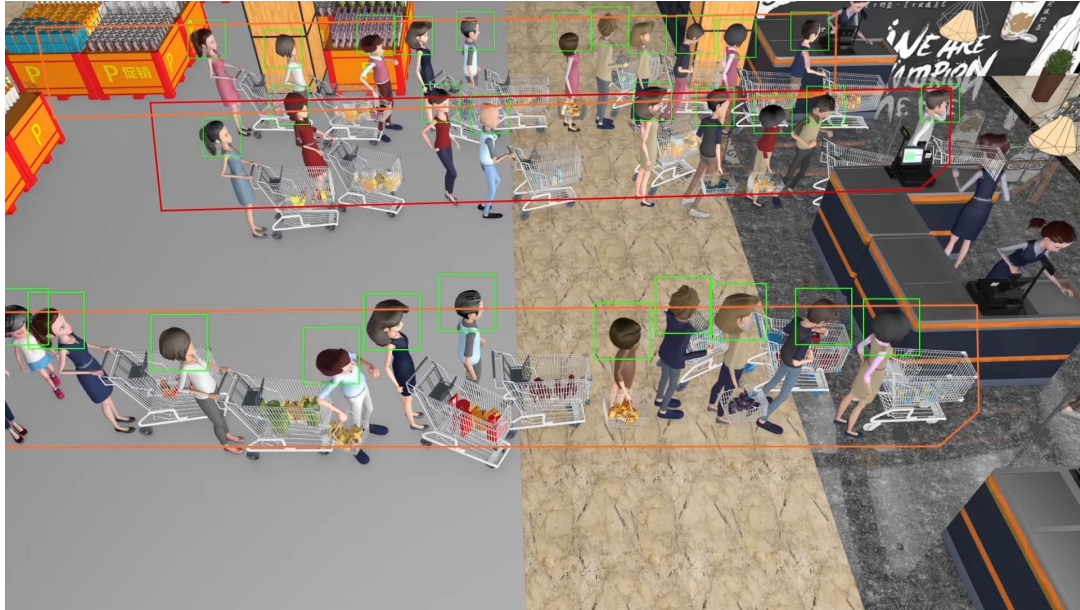


Figura 30. Solución de seguridad integrada - Comercio minorista
Fuente: Captura de Vídeo promocional de Hikvision disponible en [YouTube](#) [53]

Si queremos asegurarnos un correcto funcionamiento de los sistemas por visión, es necesario ajustar los parámetros lumínicos y verificar que, con dichos ajustes, la cámara funciona de forma correcta y homogénea para toda la región de interés. En caso de no poder realizar el ajuste lumínico, tenemos que tratar de encontrar la región mejor iluminada y ubicar las cámaras ahí.

3.2. Software

Los datos que generan los sistemas hardware necesitan ser procesados e interpretados correctamente. Es aquí donde se hace necesario incorporar una capa software capaz de ejecutar dicha tarea y presentar al usuario final la información correctamente interpretada.

Anteriormente, habíamos comentado que la parte de hardware estaba compuesta principalmente por las cámaras, el conmutador y el ordenador donde se ejecuta la parte de software.

Por su parte, la sección de software consta de dos elementos principales, por un lado, el intérprete, y por el otro el servicio web.

El intérprete se corresponde con el módulo software encargado de escuchar y recopilar la información generada por las cámaras. Estas envían un flujo constante de datos con toda la información que detectan tanto en tiempo real, como por ciclo estadístico. El intérprete es capaz de extraer de dicho flujo, la información útil y ponerla a disposición para su tratamiento y almacenamiento en la base de datos.

El servicio web se implementa mediante la distribución XAMPP [54], un paquete de software libre que integra funcionalidades para la gestión de base de datos MySQL, servidor web Apache e intérpretes para lenguajes script PHP. Los lenguajes de programación utilizados para construir nuestro servicio son HTML5, PHP, CSS3 y Javascript. En la *Figura 31* se muestra los esquemas de los programas usados y la interacción entre ellos.

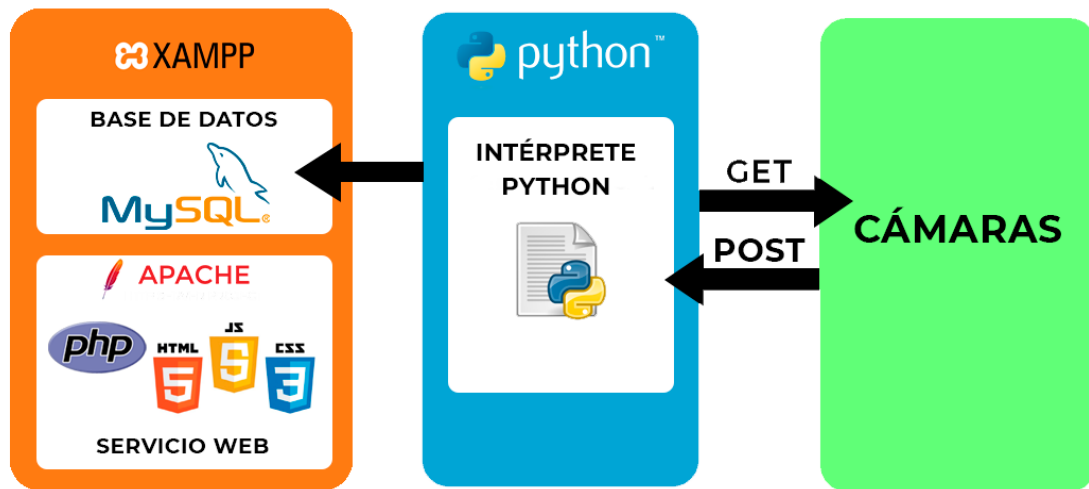


Figura 31. Esquema del Software
Fuente: Elaboración propia

Cuando hablamos de programación web es habitual encontrar los términos de Back-End y Front-End. El Front-End es la capa de presentación, es decir, representa la parte visible de la web, la interfaz final a la que accede el usuario y en la que interactúa. Por otro lado, el Back-End es la capa de acceso de datos y, por tanto, es el encargado de la manipulación de los datos. El Front-End se asocia al lado del cliente y el Back-End al lado del servidor. El Front-End se comunica con el Back-End mediante peticiones HTTP a los servidores alojados en el Back-End. Además, la interacción directa con las bases de datos se produce en la capa de acceso de datos [55]. En la *Figura 32*, se muestran los lenguajes utilizados en cada una de las capas.



Figura 32. Lenguajes usados para cada capa.
Fuente: Elaboración propia

Cabe aclarar que este proyecto en modo local no representa el clásico modelo cliente-servidor, ya que tanto el desarrollo para la capa Front-End como el desarrollo para la capa de Back-End se encuentran ubicados en la misma máquina. Sin embargo, modificando mínimamente el código, es posible subir, por un lado, el desarrollo en HTML, JS y CSS a un hosting, y subir el código PHP a un servidor en línea. De este modo, tendríamos dos máquinas (el servidor PHP y el Intérprete Python) que se encarga de manejar la información y otra máquina que la consulta y la muestra al usuario final.

Una vez adquiridos los conceptos básicos de Front-End y Back-End, vamos a explicar cómo se utilizan los distintos lenguajes dentro de nuestro aplicativo. Como se ha comentado con anterioridad, se emplea lenguaje de programación Python como intérprete para realizar una comunicación directa con las cámaras y para alimentar la base de datos que usaremos para crear gráficas y analizar datos a lo largo de un periodo determinado.

En el Back-End, además, utilizamos PHP. El propósito de usar este lenguaje es hacer consulta sobre las tablas principales de nuestra base de datos construida por Python y generar nuevas tablas con datos ya procesados. En este apartado, se combina el PHP con SQL, un lenguaje asociado con el manejo de base de datos.

La capa de presentación se compone de HTML5 como estructura básica de diseño y composición de la web. CSS3 está orientado al diseño gráfico, aporta los estilos como pueden ser el color del texto o el tipo de fuentes. Para algunas funciones especiales como el control del inicio de sesión, algunos efectos visuales o la gestión de formularios se ha empleado Javascript. Por último, también se ha usado Javascript para llevar a cabo la comunicación con el Back-End mediante peticiones HTTP sobre los archivos PHP. Con esto estamos consiguiendo pasar los datos útiles del intérprete al usuario final. Una vez, tenemos los datos en el Front-End podemos simplemente mostrarlos a través del código HTML con el uso de identificadores o representaciones de gráficas desarrolladas con Javascript.

A partir de Javascript es posible actualizar el contenido de una página de manera cíclica, sin necesidad de refrescar la página. Esto es muy útil para mostrar los datos en tiempo real al usuario.

3.2.1 Comunicación entre la cámara de control de aforo y el intérprete

Inicialmente, el intérprete Python muestra todos los mensajes que envía la cámara en bruto, es decir, tanto los mensajes en tiempo real como por ciclo estadístico. Partiendo del análisis de esos mensajes, se realiza un filtrado y se obtiene las variables deseadas, para luego exportarlas. Para que esta comunicación sea posible es necesario configurar la cámara para que se comunique con nuestro intérprete (*ver Figura 33*). Este proceso es idéntico para las dos cámaras.

Transmisión de datos HTTP					Predefinido
IP de destino o nombre d...	URL	Puerto	ANR	Prueba	
192.168.1.10	/hikvision	8080	<input checked="" type="checkbox"/> Activar Filtro	Prueba	
0.0.0.0	/	80	<input type="checkbox"/> Activar Filtro	Prueba	
0.0.0.0	/	80	<input type="checkbox"/> Activar Filtro	Prueba	

Figura 33. Configuración de transmisión de datos HTTP
Fuente: Interfaz web de configuración de las cámaras Hikvision

En la etapa inicial de desarrollo se transmite la información en tiempo real desde el intérprete hasta el servicio web, mediante archivos JSON que son generados desde el propio intérprete Python (*ver Figura 34*). Para ello, primero es necesario convertir el XML en un JSON. Luego se guarda de forma local en un archivo denominado "DATA_CAM.JSON", de modo que, cada vez que se detecta una salida o una entrada, se sobrescribe el archivo. Desde el lado del cliente se está leyendo continuamente el archivo actualizado. Esta solución es funcional para su uso local por medio del programa XAMPP, pero no es viable para futuras migraciones en línea. Por tanto, en la versión definitiva, el servicio toma los valores en tiempo real, directamente de la base de datos y se omite la comunicación mediante archivos JSON.

```
json_data = json.dumps(data_dict)
try:
    e=str(json_data)
    f = open("data_cam1.json","w")
    f.write(e)
    f.close()
except:
    print("no graba")
```

Figura 34. Código necesario para almacenar un JSON
Fuente: Intérprete Python

A continuación, vamos a analizar los mensajes en bruto, empezaremos con la cámara de conteo de personas Dual-Lens People Counting (DS-2CD6825G0/C-IS). Como se ha comentado anteriormente, el intérprete Python, una vez ha recogido los datos, los tiene que insertar en la base de datos. Para este caso en particular, los datos se introducirán en una de las dos tablas matrices, denominada “capacity_control”. Como su propio nombre indica esta tabla contendrá toda la información relativa al control de aforo.

Hay dos tipos de mensajes, los que saltan periódicamente o por ciclo estadístico (“TimeRange”) y los que saltan solamente cuando se produce un evento (“realTime”). Para nuestro trabajo vamos a ignorar los mensajes periódicos, ya que nos interesa que salten solo cuando se produce una salida o una entrada. Ya tendríamos así la primera condición (ver Figura 35).

```
if str(data_dict["EventNotificationAlert"]["peopleCounting"]["statisticalMethods"])=="realTime":
```

Figura 35. Condición para mensajes en tiempo real
Fuente: Intérprete Python

En un primer análisis observamos que los mensajes generados por la cámara nos aportan la dirección IP, la MAC, el número del canal, el nombre de la cámara y la hora del evento. Tanto <enter> como <exit> son valores totales. El conteo de niños está desactivado (ver Figura 36).

```

--boundary
Content-Type: application/xml; charset="UTF-8"
Content-Length: 747

<EventNotificationAlert version="2.0"
xmlns="http://www.hikvision.com/ver20/XMLSchema">
<ipAddress>192.168.1.64</ipAddress>
<portNo>80</portNo>
<protocol>HTTP</protocol>
<macAddress>58:50:ed:66:f5:ce</macAddress>
<channelID>1</channelID>
<dateTime>2022-04-04T08:22:11+01:00</dateTime>
<activePostCount>29</activePostCount>
<channelName>Camera 01</channelName>
<eventType>PeopleCounting</eventType>
<eventState>active</eventState>
<eventDescription>PeopleCounting alarm</eventDescription>
<statisticalMethods>realTime</statisticalMethods>
<RealTime>
<time>2022-04-04T09:22:11+01:00</time>
</RealTime>
<enter>14</enter>
<exit>6</exit>
<childCounting>
<enter>0</enter>
<exit>0</exit>
</childCounting>
</EventNotificationAlert>

```

*Figura 36. Mensaje en tiempo real (Dual Lens People Counting)
Fuente: Salida del Intérprete Python*

Por tanto, si queremos saber si se ha producido una salida o una entrada de manera más clara, tenemos que restar el valor actual menos el anterior. No hay que confundir la variable que hemos creado en Python “enter” (ver Figura 37) con la etiqueta <enter> correspondiente al XML que se muestra en la Figura 36. Asignamos a la variable “totalenter” el valor de la etiqueta <enter> del XML que está asociado con las entradas totales. Para nosotros “enter” es la entrada en ese instante, tomando el valor de 0 si se produce una salida. previousEnter por su parte toma el valor de entradas totales de la última fila de la tabla “capacity_control”. De manera análoga se hace para la salida.


```
totalenter = data_dict["EventNotificationAlert"]["peopleCounting"]["enter"]
enter = int(totalenter) - previousEnter
capacity=int(totalenter)- int(totalexited)
```

Figura 37. Intérprete Python. Ejemplo de variables

Fuente: Intérprete Python

La capacidad, es decir, el número de personas dentro de nuestro establecimiento, es igual a la resta entre las entradas y las salidas totales. Este proceso de guardar variables es necesario porque luego vamos a insertarlas en la base de datos. En la *Figura 38* se muestra la función que inserta en la base de datos correspondiente las variables que filtramos provenientes de las cámaras.

```
def insert_into_table(id_cam, ip_cam, mac_cam, enter, exited, capacity, totalenter,
totalexited, day, hour):
#Establecemos conexión con la base de datos
    try:
        connection = mysql.connector.connect(host='localhost',
                                             database='flujo',
                                             user='root',
                                             password='')

        cursor = connection.cursor()

#Creamos la sentencia SQL para insertar
        sql = """INSERT INTO capacity_control (id_cam, ip_cam, mac_cam, enter, exited,
        capacity, totalenter, totalexited, day, hour)
                VALUES (%s,%s,%s, %s, %s, %s, %s, %s ,%s)"""

#Los parámetros que podremos en la función
        record = (id_cam,ip_cam, enter, mac_cam, exited, capacity, totalenter, totalexited,
        day, hour)

#Ejecutamos la sentencia SQL
        cursor.execute(sql, record)

#Se utiliza para confirmar los cambios realizados por el usuario en la base de datos
        connection.commit()

    except mysql.connector.Error as error:
        print("Fallo al insertar en la tabla MySQL {}".format(error))

    finally:
        if connection.is_connected():
            cursor.close()
            connection.close()
```

Figura 38. Función de inserción en la base de datos

Fuente: Intérprete Python

3.2.2 Comunicación entre la cámara de gestión de colas y el intérprete

Para la segunda cámara no recibimos mensajes en formato XML, sino en formato JSON. Al igual que el caso anterior, los mensajes que vamos a analizar no son los únicos que envía la cámara, pero sí los que nos aportan la información que nos interesa. En este caso vamos a analizar un mensaje de entrada en la región (*ver Figura 39*) y otro de salida de la región (*ver Figura 40*).

```
--boundary
Content-Disposition: form-data; name="personQueueRealTime"
Content-Type: application/json
Content-Length: 450

{
  "ipAddress": "192.168.1.65",
  "ipv6Address": "::ffff:192.168.1.65",
  "portNo": 80,
  "protocol": "HTTP",
  "macAddress": "58:50:ed:64:05:ef",
  "channelID": 1,
  "dateTime": "2022-04-04T08:28:46+01:00",
  "activePostCount": 1,
  "eventType": "personQueueRealTime",
  "eventState": "active",
  "eventDescription": "Person Queue Real Time Data",
  "PersonQueueRealTimeData": {
    "targetID": 227,
    "ruleID": 3,
    "personState": "enter",
    "peopleNum": 1
  }
}
```

Figura 39. Mensaje de entrada en región (DeepInView)

Fuente: Salida del Intérprete Python

La diferencia principal entre ambos mensajes es el `personState`, que indica el estado actual. Además, para el mensaje de salida tienes la hora de entrada de la región y la hora de salida, mientras para el mensaje de entrada solo conoces la hora de entrada.

```
--boundary
Content-Disposition: form-data; name="personQueueRealTime"
Content-Type: application/json
Content-Length: 512

{
  "ipAddress": "192.168.1.65",
  "ipv6Address": "::ffff:192.168.1.65",
  "portNo": 80,
  "protocol": "HTTP",
  "macAddress": "58:50:ed:64:05:ef",
  "channelID": 1,
  "dateTime": "2022-04-04T08:28:58+01:00",
  "activePostCount": 1,
  "eventType": "personQueueRealTime",
  "eventState": "active",
  "eventDescription": "Person Queue Real Time Data",
  "PersonQueueRealTimeData": {
    "targetID": 227,
    "ruleID": 3,
    "personState": "leave",
    "waitTime": 12,
    "enterTime": "2022-04-04T08:28:46+01:00",
    "peopleNum": 1
  }
}
```

Figura 40. Mensaje de salida de región (DeepInView)
Fuente: Salida del Intérprete Python

A continuación, vamos a especificar qué información nos aporta cada una de las etiquetas:

- **targetID:** Es un id asociado a un rostro. Si no se produce ningún fallo, la misma persona podría atravesar las 3 regiones con el mismo ID.
- **ruleID.** Indica la región en la que te encuentras. Siendo para este caso en particular un máximo de 3 regiones.
- **personState.** Muestra expresada mediante palabras si se ha producido una entrada o una salida de la región.
- **waitTime.** Corresponde al tiempo de espera o permanencia en una región.
- **enterTime.** Hora a la cual se ha producido la entrada en la región.
- **peopleNum.** Número de personas dentro de una misma región una vez se ha producido un evento. Es decir, si en una región hay 3 personas y sale una, en el mensaje de salida peopleNum es igual a 2.

Del mismo modo que ocurría con la cámara de conteo de personas, en la primera versión del intérprete, guardamos toda la información en un archivo local en formato JSON. Sin embargo, no es necesario pasar de un XML a un JSON, ya que esta cámara nos aporta la información directamente en formato JSON.

En la versión definitiva del intérprete, guardamos los datos de mayor interés en la tabla “queue_management”, perteneciente a nuestra base de datos. Con el fin de rellenar bien la base de datos se deben hacer unos ajustes para arreglar las pequeñas diferencias entre los mensajes de entrada y salida de la región, por ejemplo, el tiempo de espera no existe para el mensaje de entrada. Por tanto, para no tener conflictos a la hora de rellenar la base de datos, le agregamos un valor vacío (*ver Figura 41*).

```
ip_cam=data_dict["ipAddress"]
rule_id=data_dict["PersonQueueRealTimeData"]["ruleID"]
id_target=data_dict["PersonQueueRealTimeData"]["targetID"]
people_number=data_dict["PersonQueueRealTimeData"]["peopleNum"]

if (data_dict["PersonQueueRealTimeData"]["personState"]=="leave"):
    enter=0
    exited=1
    day=data_dict["PersonQueueRealTimeData"]["enterTime"]
    hour=data_dict["dateTime"]
    wait_time=data_dict["PersonQueueRealTimeData"]["waitTime"]
else:
    enter=1
    exited=0
    day=data_dict["dateTime"]
    hour=data_dict["dateTime"]
    wait_time=""
```

Figura 41. Ejemplo de variables (DeepInView)

Fuente: Intérprete Python

3.2.3 Comunicación entre el intérprete y el servicio web

Una vez completados los pasos anteriores, deberíamos tener una base de datos que se va actualizando en tiempo real. A través de PHP nos conectamos a la base de datos, hacemos consultas SQL y generamos nuevas tablas, a partir de las dos tablas principales de nuestra base de datos, “capacity_control” (ver Figura 42) y “queue_management” (ver Figura 43). La creación de nuevas tablas, a partir de las dos ya existentes, nos sirven para facilitar la representación de los gráficos. Para conseguir datos en tiempo real, como se mencionó en la introducción de este apartado, utilizamos la librería de JQuery, la cual nos permite hacer peticiones a una API dentro de nuestro archivo Javascript.

				id	id_cam	ip_cam	mac_cam	enter	exited	capacity	totalenter	totalexited	day	hour
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	7261	Camera 01	192.168.1.64	58:50:ed:66:f5:ce	0	1	0	5	5	2022-07-29	13:39:29
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	7260	Camera 01	192.168.1.64	58:50:ed:66:f5:ce	1	0	1	5	4	2022-07-29	13:39:06
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	7259	Camera 01	192.168.1.64	58:50:ed:66:f5:ce	0	1	0	4	4	2022-07-29	13:38:35
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	7258	Camera 01	192.168.1.64	58:50:ed:66:f5:ce	1	0	1	4	3	2022-07-29	13:37:04
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	7257	Camera 01	192.168.1.64	58:50:ed:66:f5:ce	0	1	0	3	3	2022-07-29	13:25:43
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	7256	Camera 01	192.168.1.64	58:50:ed:66:f5:ce	0	1	1	3	2	2022-07-29	13:25:38
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	7255	Camera 01	192.168.1.64	58:50:ed:66:f5:ce	0	1	2	3	1	2022-07-29	13:25:31
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	7254	Camera 01	192.168.1.64	58:50:ed:66:f5:ce	1	0	3	3	0	2022-07-29	13:25:21
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	7253	Camera 01	192.168.1.64	58:50:ed:66:f5:ce	1	0	2	2	0	2022-07-29	13:25:09
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	7252	Camera 01	192.168.1.64	58:50:ed:66:f5:ce	1	0	1	1	0	2022-07-29	13:25:01

Figura 42. Base de datos “capacity_control” destinada al control de aforo
Fuente: Interfaz de gestión de base de datos de XAMPP (MySQL)

				id	id_cam	ip_cam	mac_cam	id_target	enter	exited	people_number	wait_time	hour	day	rule_id
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2044	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	59	1	0	1	0	09:43:50	2022-07-28	3
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2045	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	59	1	0	1	0	09:43:59	2022-07-28	2
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2046	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	59	0	1	0	9	09:43:59	2022-07-28	3
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2047	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	59	0	1	0	1	09:44:09	2022-07-28	3
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2048	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	65	1	0	1	0	10:01:13	2022-07-28	3
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2049	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	65	1	0	1	0	10:01:21	2022-07-28	2
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2050	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	65	0	1	0	8	10:01:21	2022-07-28	3
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2051	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	65	0	1	0	2	10:01:23	2022-07-28	2
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2052	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	65	1	0	1	0	10:01:41	2022-07-28	1
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2053	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	65	0	1	0	9	10:01:58	2022-07-28	2
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2054	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	65	0	1	0	20	10:02:31	2022-07-28	2
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2055	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	65	0	1	0	1	10:02:38	2022-07-28	2
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2056	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	65	0	1	0	18	10:02:56	2022-07-28	3
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	2057	Camera 02	192.168.1.65	58:50:ed:64:05:ef	66	1	0	1	0	10:03:31	2022-07-28	3

Figura 43. Base de datos “queue_management” destinada al gestión de colas
Fuente: Interfaz de gestión de base de datos de XAMPP (MySQL)

En la *Figura 44*, vemos el ejemplo de una petición a una API, en este caso es un archivo PHP. Estamos obteniendo el número total de entradas y salidas, el número de personas en ese instante y el aforo máximo, que es un valor que fijamos en un archivo de configuración externo. En ese mismo archivo de configuración se encuentran las variables necesarias para la conexión a la base de datos (*ver Figura 45*).

```
var getData = function() {
$.get("../includes/1-1_Data/datacard.php", function(data) {
    data = JSON.parse(data);
    totalenter = data['totalenter'];
    totalexited = data['totalexited'];
    capacity = data['capacity'];
    afmax = data['aforo_max']
});
};
```

Figura 44. Ejemplo de función para obtener datos de un archivo PHP desde Javascript.

Fuente: Captura del Servicio Web (Elaboración propia) - datacard.js

```
≡ config.ini
1 [database]
2 db_name = flujo
3 db_user = root
4 db_password =
5 db_host = localhost
6
7 [data_shop]
8 aforo_max= 2
```

Figura 45. Archivo de configuración.

Fuente: Captura del Servicio Web (Elaboración propia)

El archivo PHP, hace las consultas y operaciones oportunas, crea una tabla con los resultados y genera un array que será exportado en formato JSON, para que pueda ser recogido por la petición HTTP haciendo uso de la librería JQuery. En la *Figura 46* vemos un ejemplo de salida de un archivo PHP que funciona como API. Lo que hace este archivo PHP en particular (*ver Figura 47*), es conectarse a la base de datos para extraer la última fila de nuestra tabla principal de control de aforo. Además, para el aforo máximo, como se comentó con anterioridad, el PHP, está leyendo esa variable desde un archivo externo de configuración. Por último, una vez tenemos todas las variables las guardamos en un array para luego exportarlo como JSON y que pueda ser interpretado desde Javascript.

```
{"totalenter": "362", "totalExited": "109", "capacity": "253", "aforo_max": "300"}
```

Figura 46. Ejemplo de salida de datacard.php (API)

Fuente: Salida datacard.php

```
<?php
$path_config = "../..//config.ini";
require ('../..//includes/db/db_connect.php');

//Tomamos los parámetros que vamos a utilizar del archivo config.ini
$ini = parse_ini_file($path_config);
$aforo_max = $ini['aforo_max'];

$query0 = "SELECT * FROM `capacity_control` ORDER BY `id` DESC";
$result = mysqli_query($connection, $query0);
$row1 = mysqli_fetch_row($result);
$totalExited = $row1[8];
$totalenter = $row1[7];
$capacity = $row1[6];

$arr = array(
    'totalenter' => $totalenter,
    'totalExited' => $totalExited,
    'capacity' => $capacity,
    'aforo_max' => $aforo_max
);
echo json_encode($arr);
?>
```

Figura 47. Ejemplo de archivo PHP (API)

Fuente: Captura del Servicio Web - datacard.php (Elaboración propia)

Con lo mostrado hasta ahora solo tendríamos los datos una sola vez, es decir, una vez que entramos o cuando actualizamos la página. En nuestro trabajo se tratan los datos de dos formas distintas. Los datos en tiempo real son aquellos que nos dan información que necesita ser actualizada constantemente y que nos permite tomar estrategias sobre la marcha. El otro tipo de datos, están centrados en el análisis de datos a lo largo de un tiempo y sirven para aplicar estrategias o acciones en el futuro. Por tanto, el segundo tipo de datos no requiere una actualización constante.

En el ejemplo que hemos tratado sobre las tarjetas informativas en tiempo real, es necesario añadir al Javascript un proceso que nos permita realizar peticiones cada cierto tiempo sin necesidad de actualizar la página. Es aquí donde entra la función `setInterval` que se muestra en la *Figura 48*. El primer parámetro corresponde a la función que

queremos que se repita, el segundo parámetro corresponde con la duración del ciclo expresado en milisegundos.

```
setInterval(getData, 16)
```

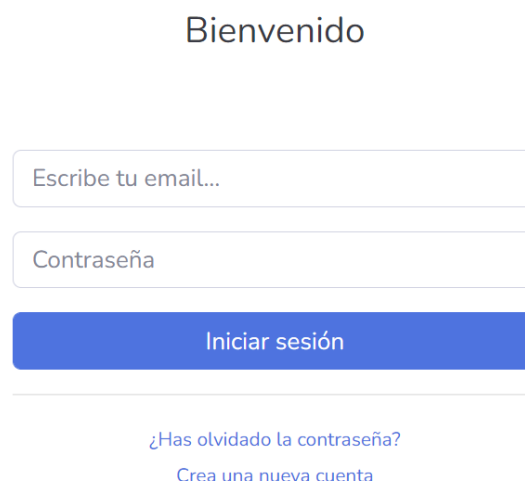
Figura 48. Ejemplo de función para actualizar datos cada cierto tiempo
Fuente: Captura del Servicio Web - datacard.js (Elaboración propia)

3.2.4 Servicio Web

La parte Front-End de nuestro servicio web, es el portal donde el usuario final va a acceder, y donde va a poder visualizar e interactuar con todos los datos. A continuación, explicaremos cada elemento que lo compone.

A) Inicio Sesión

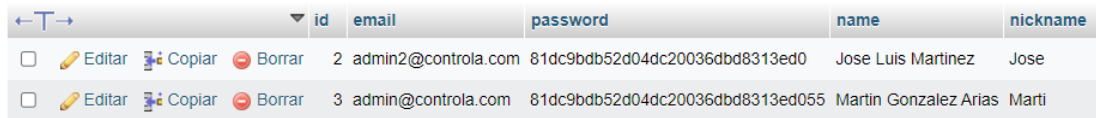
Lo primero que encontramos al acceder al dominio del servicio web es una interfaz de inicio de sesión (*ver Figura 49*). Tenemos la posibilidad de iniciar sesión, de solicitar el cambio de contraseña si la hemos olvidado o de crear una nueva cuenta.



La interfaz de inicio de sesión muestra el título "Bienvenido" centrado. Debajo hay un campo de texto con el placeholder "Escribe tu email...", un campo de texto con el placeholder "Contraseña" y un botón azul con el texto "Iniciar sesión". En la parte inferior, hay dos enlaces de texto: "¿Has olvidado la contraseña?" y "Crea una nueva cuenta".

Figura 49. Interfaz de inicio de sesión
Fuente: Captura de Interfaz del Servicio Web (Elaboración propia)

En el caso de que no tengamos una cuenta, es necesario registrarse añadiendo el nombre, un apodo (que se mostrará en la interfaz), el correo y la contraseña. Estos datos se almacenan en nuestra base de datos, en la tabla “users” (ver Figura 50).



		id	email	password	name	nickname
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	2	admin2@controla.com	81dc9bdb52d04dc20036dbd8313ed0	Jose Luis Martinez	Jose
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	3	admin@controla.com	81dc9bdb52d04dc20036dbd8313ed055	Martin Gonzalez Arias	Marti

Figura 50. En tabla 'users' se guardan todos los usuarios
Fuente: Interfaz de gestión de base de datos de XAMPP (MySQL)

Por motivos de privacidad, las contraseñas están encriptadas con MD5 [56]. Para futuras actualizaciones sería interesante tener una versión más avanzada para el administrador y una versión más ligera para el resto de los usuarios. Además, que el formulario de registro solo sea válido para originar cuentas con la versión más básica y que la cuenta de administrador se proporcione por otros medios.

B) Estructura del servicio web

El servicio web está compuesto por distintas secciones, a continuación, las explicaremos detalladamente:

- **Control de Aforo**
 - o En tiempo real
 - o Histórico
- **Gestión de Colas**
 - o En tiempo real
 - o Histórico
- **Base de Datos**
 - o Control de aforo
 - o Gestión de colas

C) Control de aforo – En tiempo real

El contenido principal de la primera página muestra todo lo relativo al control de aforo en tiempo real. Los datos en tiempo real sirven para desplegar estrategias en el momento. Es decir, lanzar eventos o alarmas que informen del estado actual tanto al cliente como a los gestores y que les permita reaccionar en consecuencia.

Los datos se actualizan con una frecuencia de 60 fotogramas por segundos (FPS), que es el estándar establecido por los videojuegos, ya que ofrece una mayor fluidez al cambio o movimiento. Aunque para este caso, con 30 FPS serían suficientes para que el ojo humano no percibiera el cambio de forma abrupta [57].

Tal y como se aprecia en la *Figura 51*, en esta página el usuario final puede ver en tiempo real la información sobre el número de entradas, el número de salidas, la ocupación y el máximo de aforo permitido. Adicionalmente, el dato de ocupación puede variar a formato de texto si la capacidad supera el 95% del aforo permitido, mostrando “ATENCIÓN, CASI COMPLETO” (*ver Figura 52*). De forma análoga, si el máximo aforo es igual al número de personas dentro del recinto, se mostrará “AFORO COMPLETADO”. Por último, cuando la capacidad sea mayor al aforo máximo permitido, se mostrará “LÍMITE SUPERADO”. Del mismo modo, el gráfico de ocupación en tiempo real cambiará de color cuando esté próximo a completarse (*ver Figura 52*).

También está dotada de dos gráficas. La primera muestra la ocupación media por hora del día actual, esto es un indicativo de las horas donde más se ha trabajado. Mientras, la segunda gráfica expresa en porcentaje el nivel de ocupación en tiempo real, que nos ayuda comprender de una manera más gráfica e intuitiva el grado de ocupación en nuestro establecimiento.

En la parte inferior del panel hay una tabla con información relativa a la cámara encargada del control de aforo (Dual-People Counting Lens). Para saber si está conectada, se hace un ping a la dirección IP de la cámara, en este caso, 192.168.1.64.

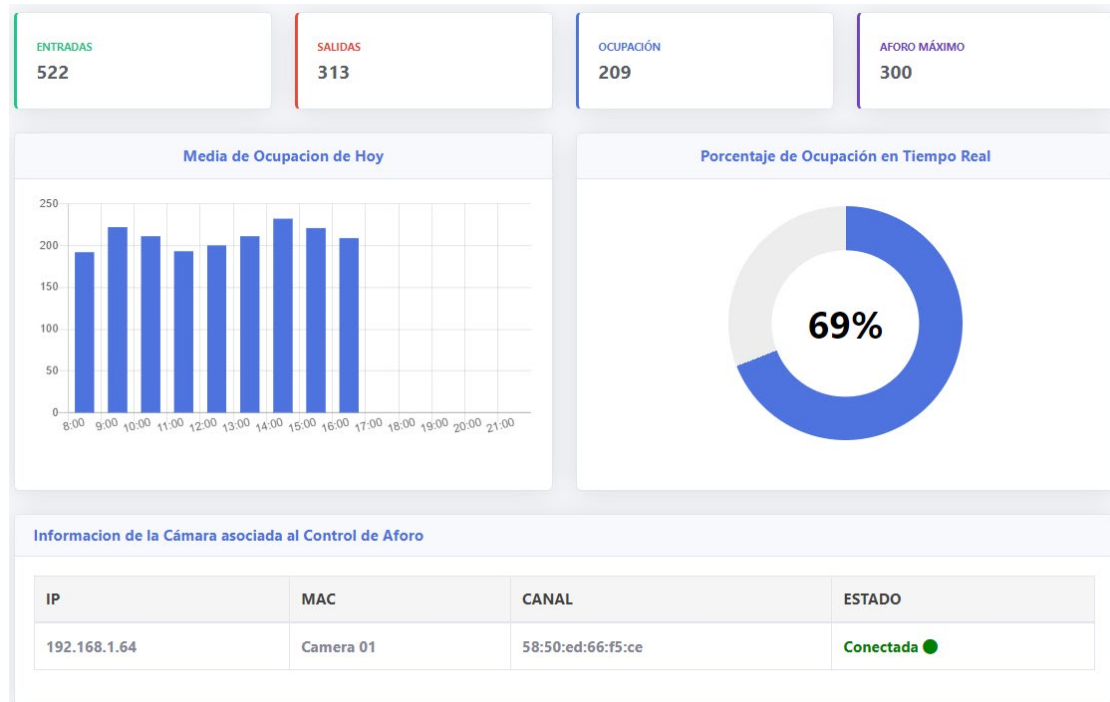


Figura 51. Panel de Control de Aforo - En Tiempo Real
Fuente: Captura de Interfaz del Servicio Web (Elaboración propia)



Figura 52. Panel de Control de Aforo - En Tiempo Real – Capacidad casi completa
Fuente: Captura de Interfaz del Servicio Web (Elaboración propia)

D) Control de aforo – Histórico

La siguiente página corresponde al histórico del control de aforo. El objetivo de esta página es mostrar los datos recogidos a lo largo del tiempo, para poder aplicar estrategias a largo plazo. A diferencia del primer caso, no requiere de la inmediatez al tratarse de datos obtenidos en periodos largos de tiempo. Asimismo, no es necesario que las gráficas se actualicen constantemente. Por tanto, solo se actualizarán cuando se refresque la página o se acceda a ella.

El primer gráfico tiene el título de dinámico, ya que mediante los botones que se muestran abajo, la gráfica se va modificando dinámicamente. Muestra la ocupación media de los últimos 7 días, 4 semanas o 6 meses.

El segundo gráfico hace una comparativa de la ocupación media entre el año actual y el anterior. Permite al gestor ver mes a mes si el tráfico de personas en su negocio ha subido o bajado con respecto al año pasado.

Por último, tenemos un gráfico con forma de donut que indica de forma global las horas de mayor afluencia. Si nos fijamos en el gráfico de la *Figura 53*, vemos como la franja de mayor ocupación media es la de 10:00-12:00. Sabiendo esto, el gestor puede reforzar los turnos para esa franja horaria. De igual manera, puede reducir el personal en la franja de 8:00 a 10:00, ya que es la menos concurrida.

Los gráficos mostrados en las figuras sirven de ejemplo. Sin embargo, son totalmente personalizables y se pueden ajustar a los deseos del usuario final. Para la obtención de los datos necesarios para representar estas gráficas, se realizan una serie de operaciones sobre la base de datos, principalmente usando consultas SQL y combinándolo con código PHP. Los datos entonces provienen de la base de datos, pero la representación de los gráficos requiere código Javascript.

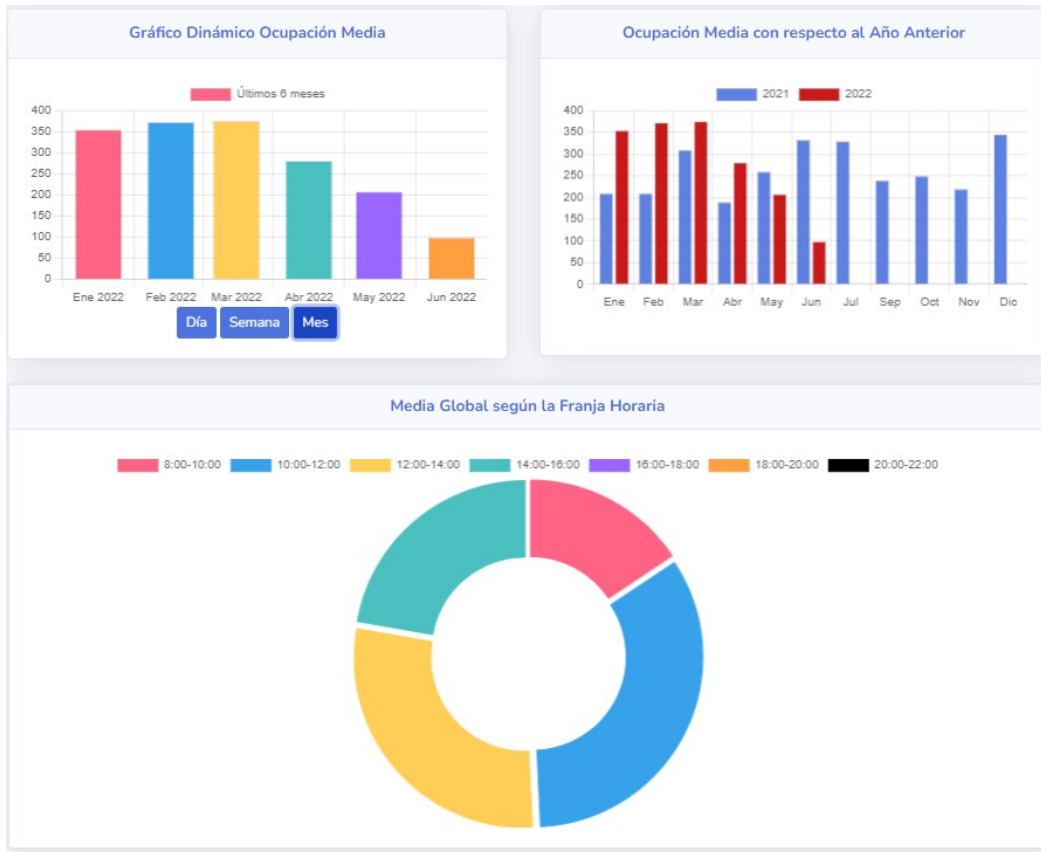


Figura 53. Panel de Control de Aforo – Histórico
Fuente: Captura de Interfaz del Servicio Web (Elaboración propia)

E) Gestión de colas – En tiempo real

Siguiendo con la estructura de la barra lateral, nos encontramos con la sección dedicada a la gestión de colas, al igual que la anterior, esta se subdivide en una página con datos en tiempo real y un histórico. Además, para abordar esta sección se ha propuesto un modelo de cola de supermercados, compuesto por una fila única y dos cajas o puntos de servicio (ver Figura 54). En el apartado dedicado a las cámaras decíamos que la cámara que vamos a utilizar nos permitía hasta 3 regiones de interés, siguiendo con esa limitación se ha sugerido este caso. En la Figura 54, las zonas marcadas en rosa corresponden a la región de interés, mientras que los recuadros verdes indican que se ha detectado a una persona.

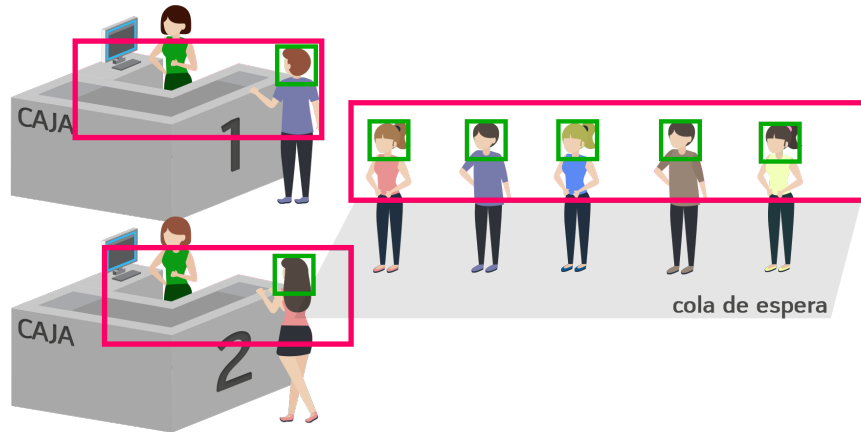


Figura 54. Ejemplo fila única con dos cajas
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 55, se muestra el panel de gestión de colas en tiempo real. La primera parte está compuesta por una serie de tarjetas informativas que muestran el último cliente que ha salido de determinada región. Además, indica el tiempo que ha permanecido en dicha región y el número de personas en la cola o en la caja una vez se ha producido la salida.

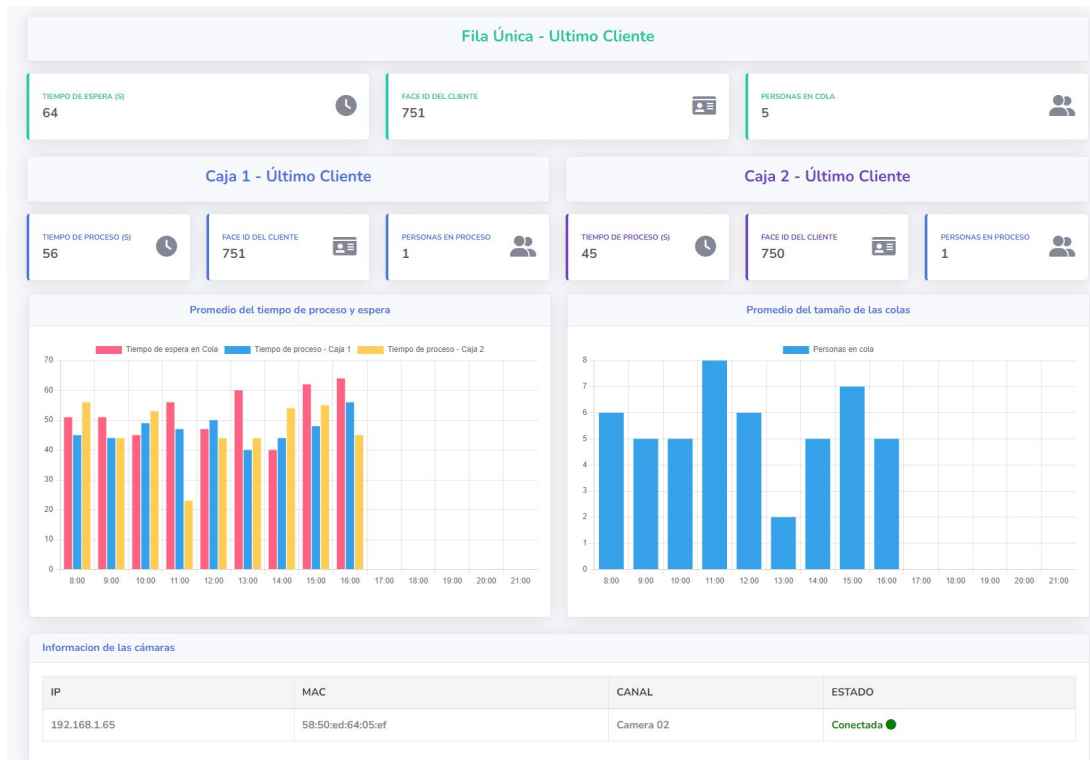


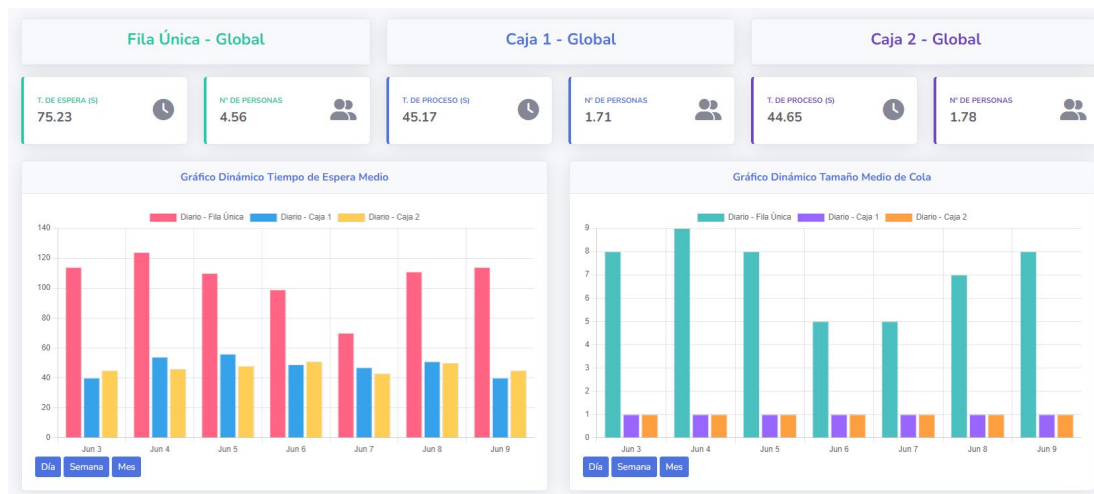
Figura 55. Gestión de colas en tiempo real. Ejemplo fila única con dos cajas.
Fuente: Captura de Interfaz del Servicio Web (Elaboración propia)

La primera gráfica muestra el tiempo de espera de la fila única, así como los tiempos de procesos de cada caja, por horas en el día actual. La segunda gráfica muestra el tamaño de cola media durante el día actual, también distribuido por horas.

De forma análoga al panel de control de aforo, al final tenemos una tabla que nos aporta información relativa a la cámara destinada para la gestión de colas. Además, nos informa del estado actual de la cámara.

F) Gestión de colas – Histórico

El histórico de gestión de colas se muestra en la *Figura 56*. En la parte superior del panel tenemos el tiempo de espera medio global y el tamaño de cola medio global para cada una de las regiones. En la parte inferior se muestra gráficas comparativas entre las tres regiones para distintos periodos (últimos 7 días, últimas 4 semanas y últimos 6 meses).



*Figura 56. Histórico de la gestión de colas. Ejemplo fila única con dos cajas.
Fuente: Captura de Interfaz del Servicio Web (Elaboración propia)*

Que el número medio de personas en zona de servicio en cajas sea cercano a 2 nos indica que las personas suelen comprar en pareja o con la familia. Asimismo, vemos que el tiempo de proceso medio de ambas cajas es similar, de modo que no se produce ningún desequilibrio.

Del mismo modo, que, en el caso en tiempo real, se recogen tanto los datos para la zona de atención como los datos relativos a la zona de espera, es decir, la fila única. Si observamos la *Figura 56*, vemos que el 7 de junio fue el día con menor afluencia en cola.

Cabe destacar que esto es solo un ejemplo y que las gráficas son personalizables y pueden variar en función de las necesidades del cliente.

G) Base de datos – Control de aforo

La última pantalla relacionada con el control de aforo contiene una tabla dinámica con todos los elementos almacenados en la tabla “capacity_control” de la base de datos. La tabla permite buscar un elemento determinado, efectuar un filtrado por fechas, ordenar las columnas y generar un informe en PDF. El informe en PDF contendrá todos los elementos de la “capacity_control” cuando no se seleccione ninguna fecha. Por otro lado, si se hace un filtrado por fechas, en informe recogerá solo los datos correspondientes a ese rango. En la *Figura 57* se muestra una tabla con un filtrado por fechas, a partir de ese filtrado se ha generado de forma adicional, un reporte que podemos visualizar en la *Figura 58*.

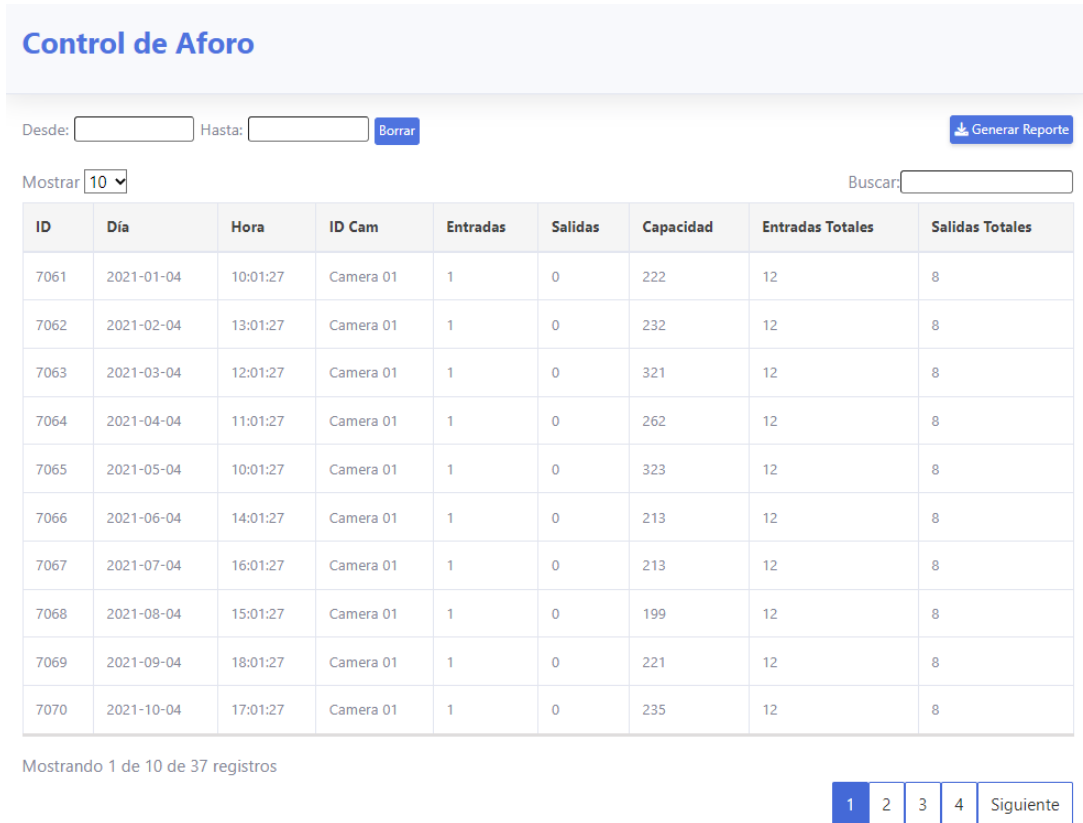


Figura 57. Tabla Dinámica - Control de Aforo
Fuente: Captura de Interfaz del Servicio Web (Elaboración propia)

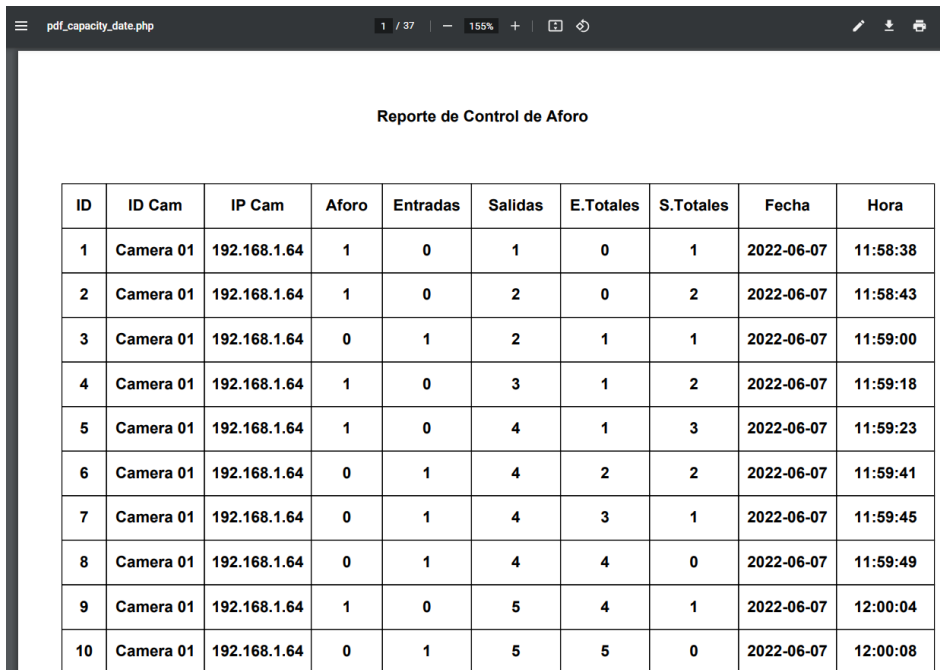


Figura 58. Reporte PDF - Control de Aforo
Fuente: Captura de Interfaz del Servicio Web (Elaboración propia)

H) Base de datos – Gestión de colas

Para la gestión de colas tenemos una tabla que funciona de la misma forma que funciona para el control de aforo. Sin embargo, estas tablas se alimentan de la tabla “queue_management” y están filtradas por las 3 regiones de interés que puede captar una única cámara.

Gestión de colas - Fila Única

Fila Única Caja 1 Caja 2

Desde: Hasta: [Borrar](#) [Generar Reporte](#)

Mostrar Buscar:

ID	Día	Hora	ID Cam	ID Rostro	Entradas	Salidas	Nº Personas	T. Espera (s)
1	2022-06-09	08:04:19	Camera 02	1261	0	1	5	65
2	2022-06-09	09:04:19	Camera 02	1262	0	1	3	47
3	2022-06-09	10:04:19	Camera 02	1262	0	1	4	55
4	2022-06-09	11:04:19	Camera 02	1262	0	1	10	68
5	2022-06-09	12:04:19	Camera 02	1262	0	1	6	30
6	2022-06-09	13:04:19	Camera 02	1277	0	1	6	45
7	2022-06-09	14:04:19	Camera 02	1278	0	1	4	34
8	2022-06-09	15:04:19	Camera 02	1277	0	1	7	62
59	2022-06-09	10:04:19	Camera 02	1277	0	1	6	45
60	2022-06-09	08:04:19	Camera 02	1277	0	1	6	43

Mostrando 1 de 10 de 48 registros

[1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) [Siguiete](#)

Figura 59. Ejemplo fila única con dos cajas.
Fuente: Captura de Interfaz del Servicio Web (Elaboración propia)

4. Integración de métricas con plataforma DS

Como hemos comentado en apartados anteriores, la Señalización Digital (Digital Signage, DS) se compone de un conjunto de pantallas que ofrecen un contenido orientado a la mejora de la experiencia del usuario en entornos comerciales y corporativos. Estos sistemas se pueden integrar perfectamente con los sistemas de control de aforo y gestión de colas, aportando información de valor al cliente final para mejorar su experiencia de compra o uso de servicios.

Para este apartado vamos a integrar un semáforo que nos ayude a gestionar el control de aforo. En la *Figura 60* se muestra el diseño que hemos desarrollado. Se ha hecho uso de HTML5, Javascript, CSS y se ha aprovechado la comunicación ya existente entre las cámaras y el servicio web, para generar un apartado oculto. De modo que para acceder al mismo solo necesitas modificar la URL del servidor web.



Figura 60. Ejemplo de señalización digital para el control de aforo
Fuente: Módulo Digital Signage del Servicio Web (Elaboración propia)

Esta señalización digital está diseñada para pantallas cuya relación de aspecto es de 16:9 y su resolución es de 1080x1920. Además, para su instalación, como hemos comentado con anterioridad, el diseño se encuentra en una sección oculta del servicio web.

Para representar el contenido en modo local se puede utilizar una pantalla conectada a un ordenador mini NUC que tenga el Windows incorporado. Luego debemos conectar el mini pc al conmutador, que estará a su vez conectado con las cámaras. (Ver Figura 61)



Figura 61. Esquema general hardware de señalización digital
Fuente: Módulo Digital Signage del Servicio Web (Elaboración propia)

En cuanto a desarrollo y comunicación con las cámaras, este semáforo es igual al servicio web. La única diferencia es que, en este caso, adaptamos el diseño a las pantallas donde queremos que se reproduzca el contenido. En el miniordenador es necesario instalar un navegador web como Chrome, XAMPP y todas las dependencias de Python.

Por último, debemos realizar una serie de configuraciones de automatización en el sistema operativo, para que por ejemplo, cada vez que se encienda el equipo, se abra el navegador en modo quiosco (pantalla completa) y muestra la señalización digital.

Adicionalmente, es posible integrarlo en herramientas profesionales de señalización digital como Scala. [58]

5. Experimentación y resultados

Para la realización de la fase de experimentación se han requerido los siguientes medios materiales:

- Portátil Asus Rog Strix G531GT (Intel Core i7, 16 GB RAM, 500 GB SSD)
- Conmutador D-Link DGS-1210-10P
- 3 cables RJ-45 (1x1,5m, 2x30m)
- 2 cables HDMI (1x1,5m, 1x25m)
- Black Magic Vídeo Assist 7" 12G HDR (Capturadora de vídeo)
- Monitor de 40" NEC MultiSync X401S
- Cámara Hikvision Dual-Lens People Counting (DS-2CD6825G0/C-IS)
- Cámara Hikvision DeepIn View (iDS-2CD7146G0-IZS)
- 2 discos duros externos SSD Samsung S7 (1x500GB, 1x1000GB)

A continuación, en la *Figura 62* se muestra un esquema general con la conexión de los medios materiales mencionados:

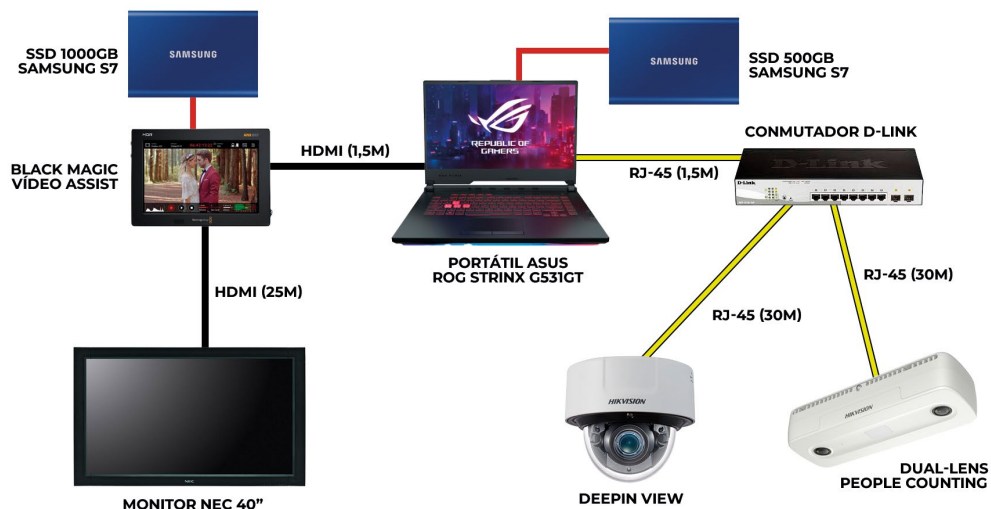


Figura 62. Esquema general de conexión

Fuente: Elaboración propia

La fase de experimentación se realiza en el Laboratorio de Medios de Producción de Televisión, ubicado en el Pabellón B de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y en el plató de televisión anexo a este laboratorio. En la *Figura 63*, se muestra el ordenador que vamos a emplear, a la derecha está la capturadora de vídeo cuya entrada HDMI está conectada al PC y la salida está conectada al monitor ubicado en el plató de televisión. Utilizamos la capturadora para grabar en vídeo las sesiones de test. El ordenador, además de estar conectado con la capturadora mediante un cable HDMI, tiene un cable de red RJ45 proveniente del conmutador.

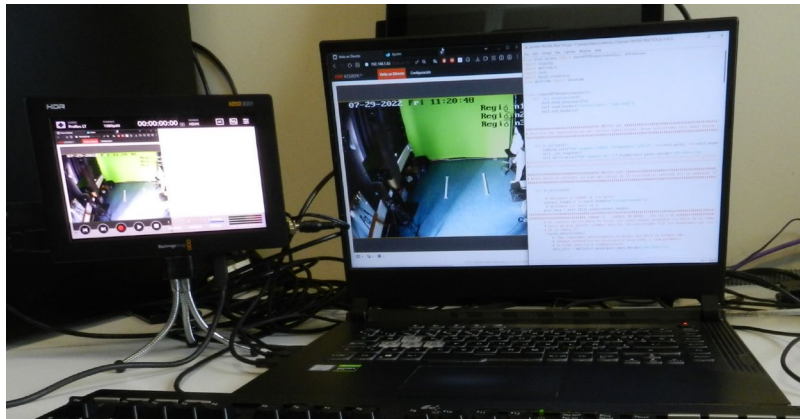


Figura 63. PC y capturadora de vídeo
Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 64*, vemos el conmutador con tres conexiones RJ45 activas. El cable gris es el que está conectado con el PC de la *Figura 63*. Al puerto 1 se le asigna la cámara de conteo Dual-Lens People Counting (DS-2CD6825G0/C-IS), mientras que al puerto 2 se le asigna la cámara de gestión de colas DeepIn View (iDS-2CD7146G0-IZS). Tanto las conexiones de red que van a la cámara, como el cable HDMI que se conecta al monitor, se pasan del laboratorio al plató a través de una canaleta.

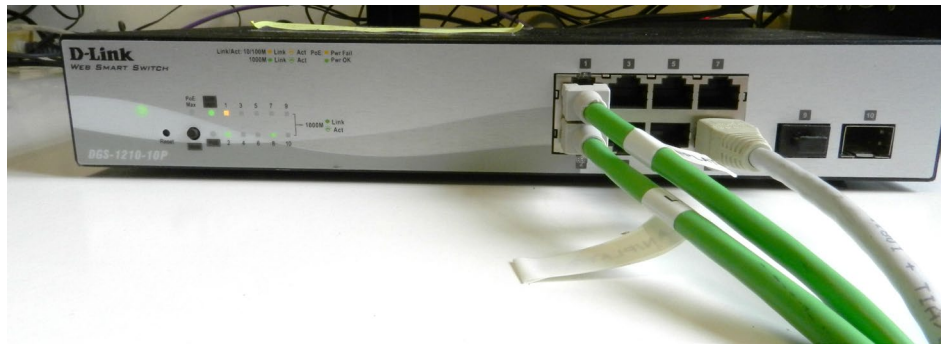


Figura 64. Conmutador de red
Fuente: Elaboración propia

La instalación de la cámara de conteo se realiza siguiendo las recomendaciones (ver Figura 65). Se fija al techo de modo que ofrece una vista cenital (ver Figura 66). Como se comentó anteriormente en la parte de hardware, al contar con la tecnología POE, solo con la conexión Ethernet empieza a funcionar.



Figura 65. Instalación de la cámara de conteo
Fuente: Elaboración propia



Figura 66. Vista instalación de la cámara de conteo
Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 67*, se muestra el monitor que utilizaremos para verificar, que todo funciona según lo previsto. Y como punto de apoyo para los voluntarios de la fase de experimentación.



Figura 67. Vista de la cámara DeepIn View desde monitor NEC
Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 68*, vemos la cámara de gestión de colas. Se ha instalado con una vista frontal y con una leve inclinación hacia el suelo. En la *Figura 69*, se muestra lo que ve la cámara de gestión de colas.

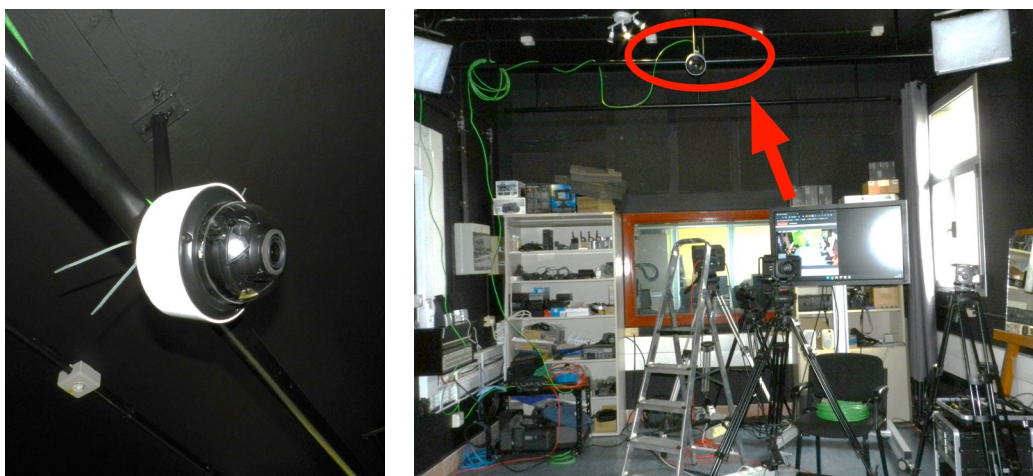


Figura 68. Instalación de la cámara de gestión de cola
Fuente: Elaboración propia



Figura 69. Vista instalación de la cámara de gestión de colas
Fuente: Elaboración propia

Las barras blancas, que están marcadas en rojo en la *Figura 70*, sirven para que los voluntarios tengan una idea aproximada de la región en la que se encuentran.



Figura 70. Barras de referencia
Fuente: Elaboración propia

El contenido recogido por la capturadora (ver Figura 71), pese a seleccionar la menor calidad disponible, requiere de mucha memoria. Se conecta un disco duro SSD de un Tera (1000 GB), para guardar las distintas pruebas. El otro disco duro restante tiene la copia de seguridad y todo el material gráfico que generamos para el presente trabajo.



Figura 71. Black Magic Video Assist 7\"/>

5.1. Experimentación para el control de aforo

En la *Figura 72* se muestra el plano correspondiente a la instalación de la primera cámara, Dual Lens People Counting. Desde la sala de control vamos a gestionar los distintos equipos que componen nuestro sistema.

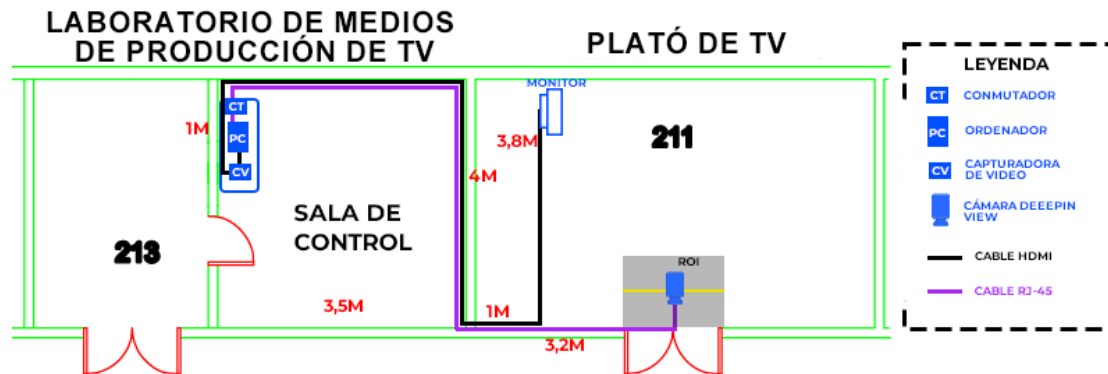


Figura 72. Plano de instalación cámara Dual Lens People Counting
Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 73* se muestra un plano en 3D con la vista o región de interés que abarca la cámara. Como se comentó en apartados anteriores, su instalación se realiza en perpendicular al suelo, ofreciendo una vista cenital.

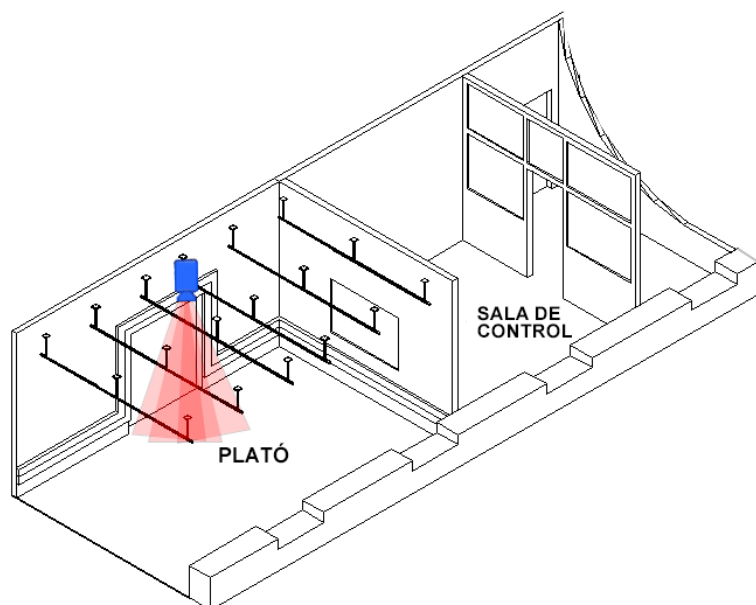


Figura 73. Plano vista 3D cámara Dual Lens People Counting
Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, se controla que la cámara detecte de forma correcta toda acción de entrada o salida. Para esto solo observamos la interfaz de la propia cámara (*ver Figura 74*). Cabe destacar que el conteo se realiza cuando sale de la región de interés. Al no poder situar la cámara exactamente debajo de la puerta, por falta de altura, arrastramos dicha región de interés un metro hacia dentro. Entre las distintas pruebas, se tratará el caso que se produce cuando dos o más individuos tratan de entrar o salir de forma simultánea.

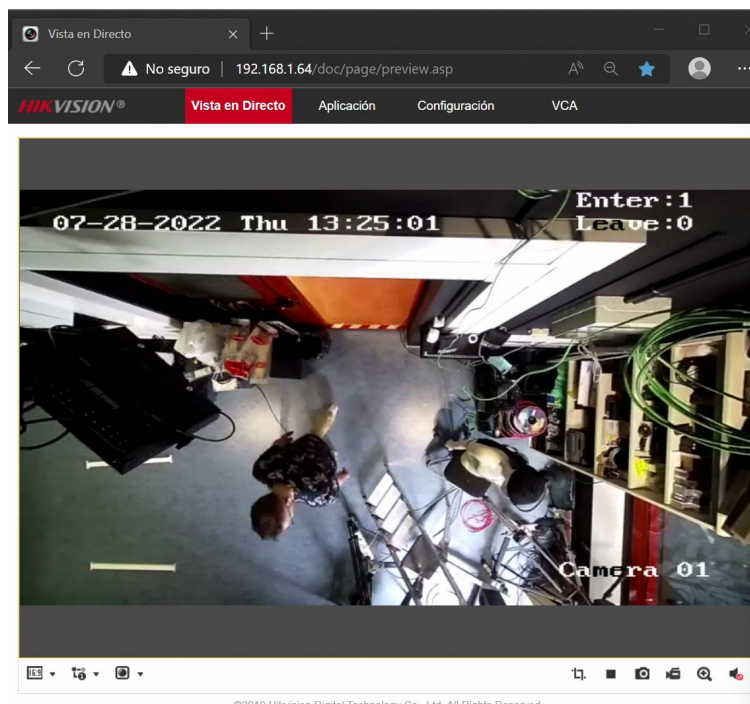


Figura 74. Prueba con interfaz de la cámara de conteo
Fuente: *Elaboración propia*

Una vez comprobado que se ha designado la región de interés de forma óptima y que la calibración es correcta, se procede a probar que el intérprete analice los datos que la cámara le aporta. De este modo, ponemos en marcha el intérprete y revisamos que cada entrada y salida se registra correctamente. El siguiente paso es verificar que se han insertado en nuestra base de datos cada uno de los eventos que se han producido.

A continuación, es necesario revisar que los datos almacenados en la base de datos coinciden con los que se muestran en nuestro servicio web. Además, debemos verificar que el servicio web se está actualizando en tiempo real (*ver Figura 75 y 76*).

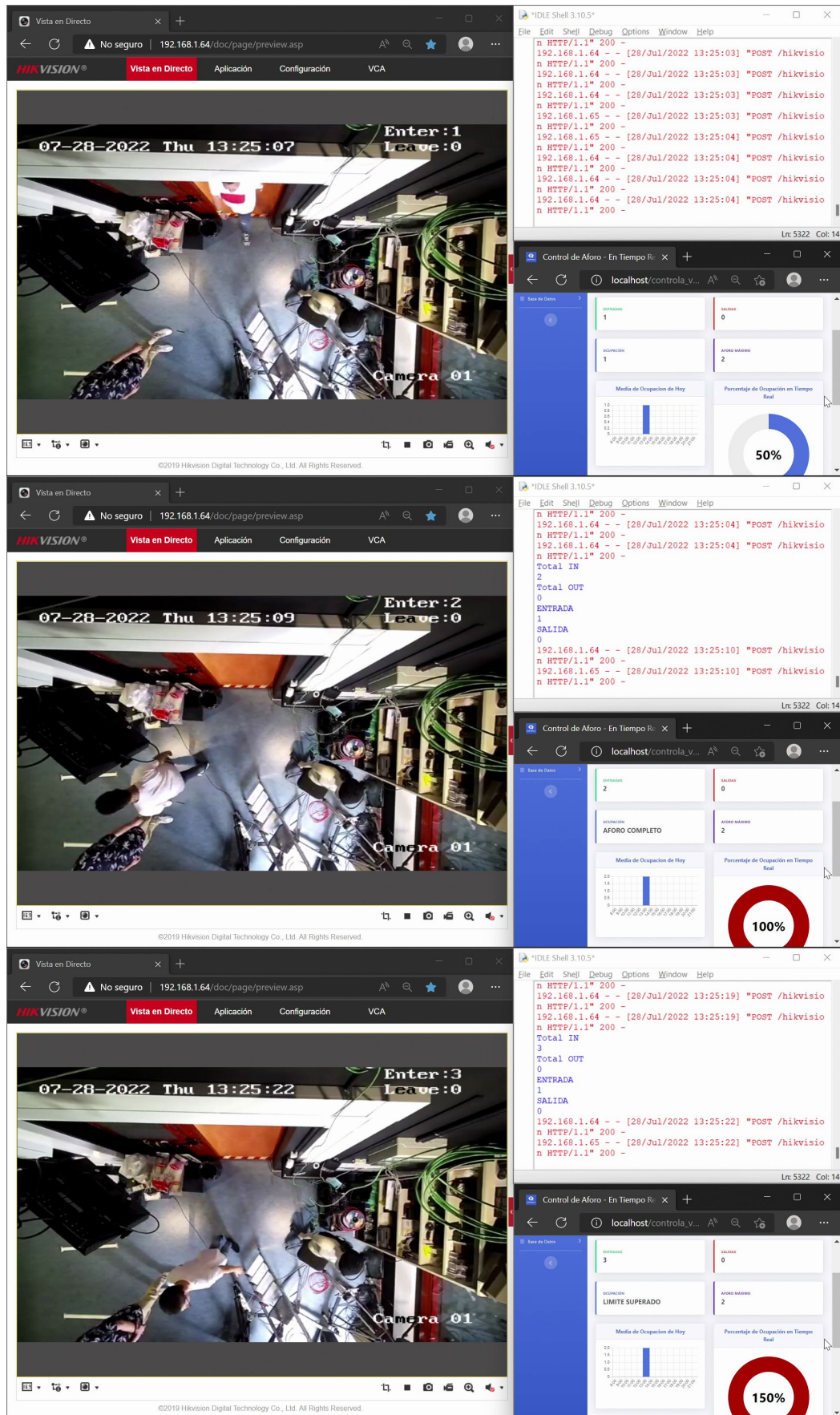


Figura 75. Prueba con la interfaz de la cámara, el intérprete y el servicio web
Fuente: Elaboración propia

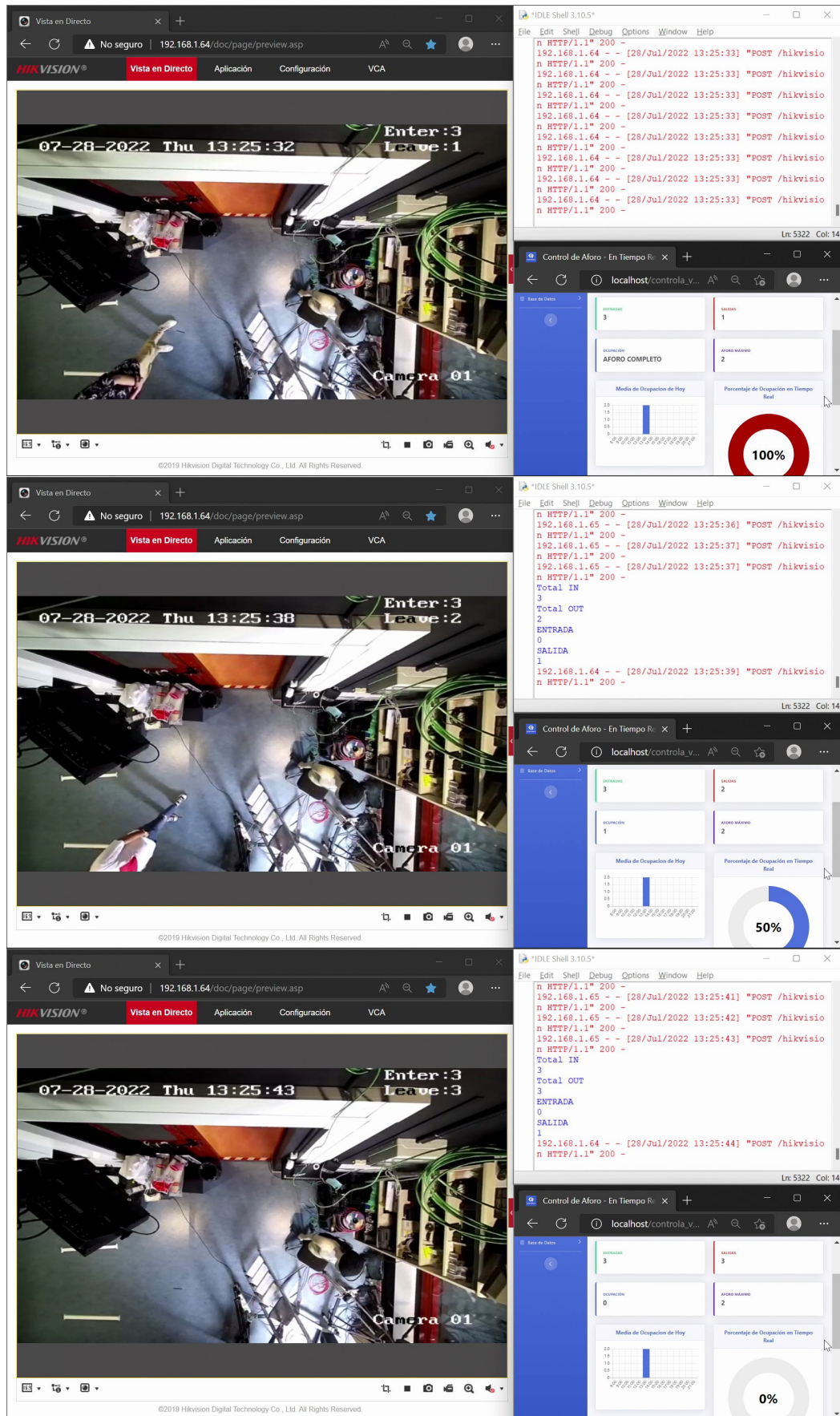


Figura 76. Prueba con la interfaz de la cámara, el intérprete y el servicio web
Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 75* se efectúan tres entradas, a modo de ejemplo para ver los distintos casos, establecemos un aforo máximo de dos personas. De modo que, si el local está vacío y entra una persona, la capacidad está a la mitad. Si entran dos, sin que salga nadie, el aforo está completo. Por último, si se vuelve a efectuar una entrada sin que se produzca una salida, se supera el aforo permitido y el servicio avisa que el límite se ha superado. En la *Figura 76* se presenta el proceso inverso, tenemos ya 3 personas dentro de local e irán saliendo de una en una, hasta que no quede nadie y marque capacidad igual 0.

La última prueba relativa al control de aforo es la de testar la pantalla de señalización digital que representamos en la *Figura 60* en el apartado dedicado la integración de métricas en plataformas DS. Para ello, se realiza un procedimiento análogo, mostramos 3 ventanas en el monitor, con la vista de cámara, la salida de intérprete y la pantalla de señalización digital que hemos diseñado.

En la *Figura 77* se simula un recinto cuyo aforo máximo es 3 personas y actualmente está al máximo de su capacidad. Por tanto, en esta situación no sería viable que otro sujeto accediera al recinto y se debe indicar dicha situación en la pantalla DS.

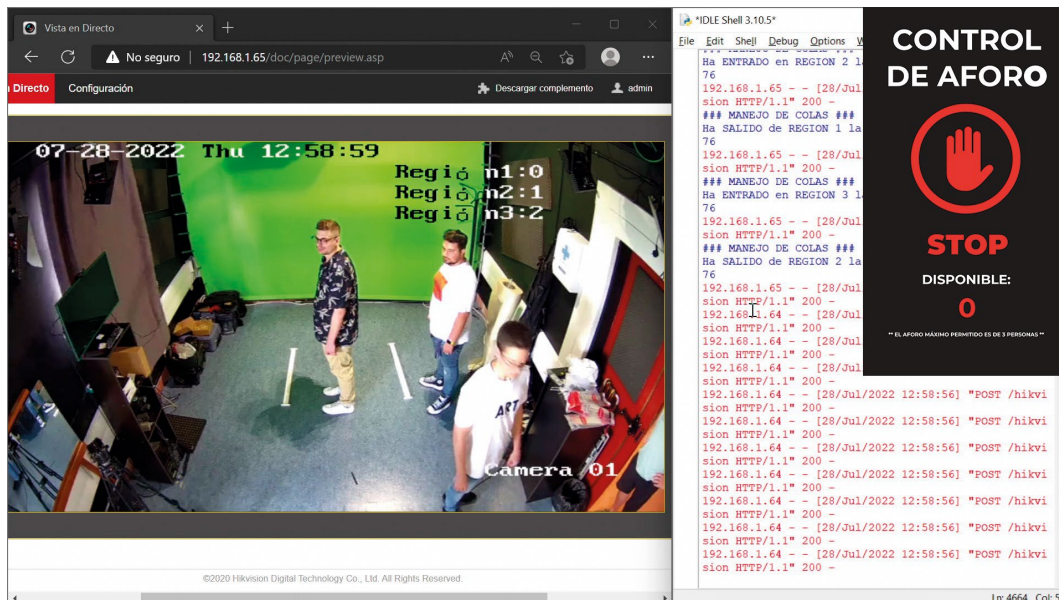


Figura 77. Prueba con la interfaz de la cámara, el intérprete y digital Signage
Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 78* se ha remarcado en violeta el mensaje del intérprete que nos interesa. Se ha marchado uno, por tanto, como el aforo máximo es 3, se dispone de una plaza libre.

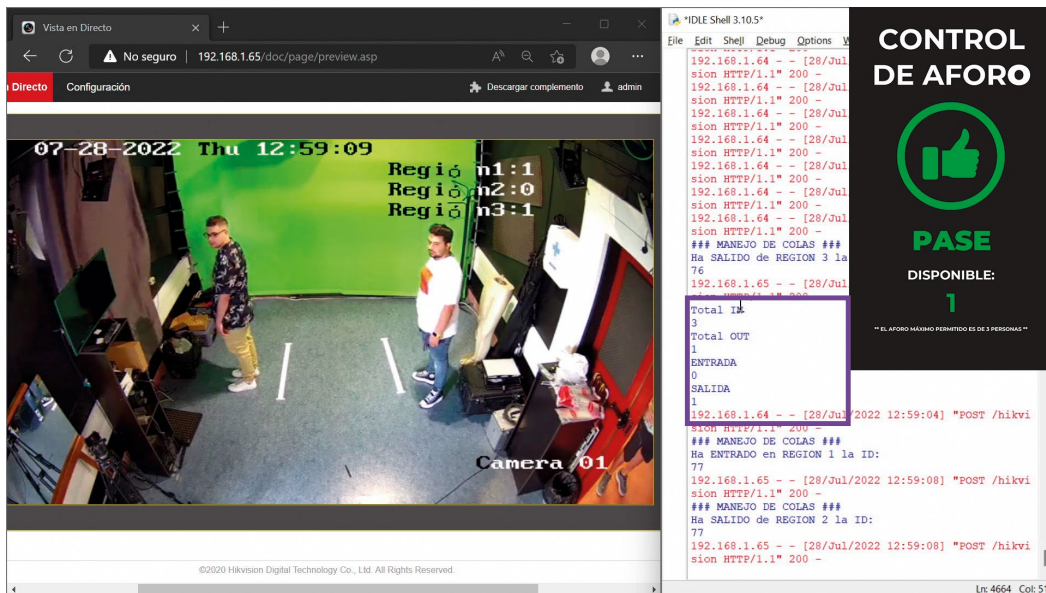


Figura 78. Prueba con la interfaz de la cámara, el intérprete y digital Signage
Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 79* se presenta el escenario opuesto al mostrado en la *Figura 77*. El establecimiento está vacío y dado que el aforo máximo permitido es de 3 personas, se indica hay disponibilidad para 3 la entrada de tres personas.

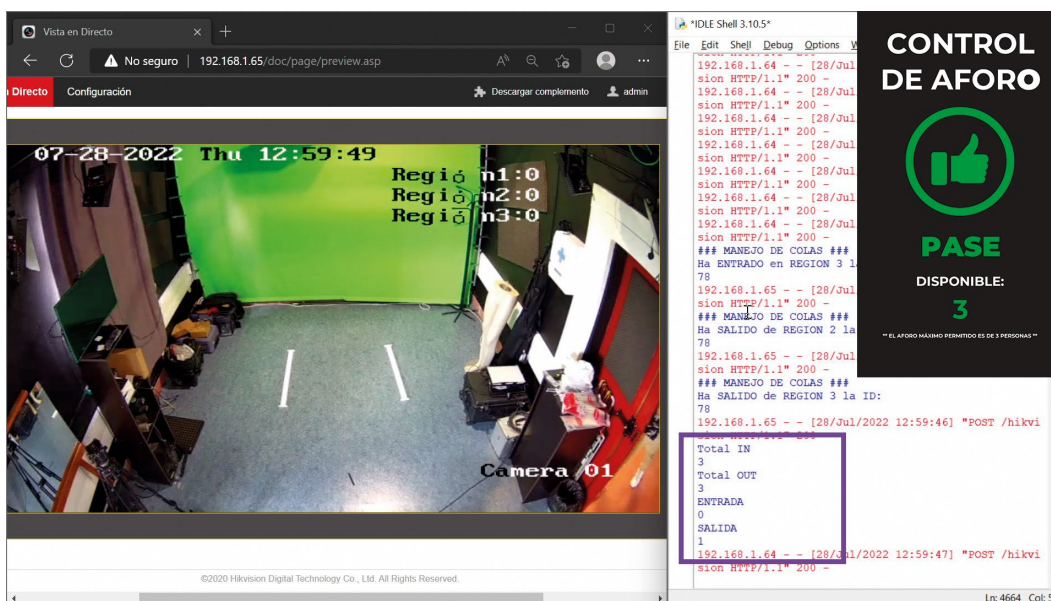


Figura 79. Prueba con la interfaz de la cámara, el intérprete y digital Signage
Fuente: Elaboración propia

5.2. Experimentación para la gestión de colas

En la *Figura 80* se muestra el plano correspondiente a la instalación de la cámara destinada a la gestión de colas, DeepIn View. Desde la sala de control vamos a gestionar los distintos equipos que componen nuestro sistema.

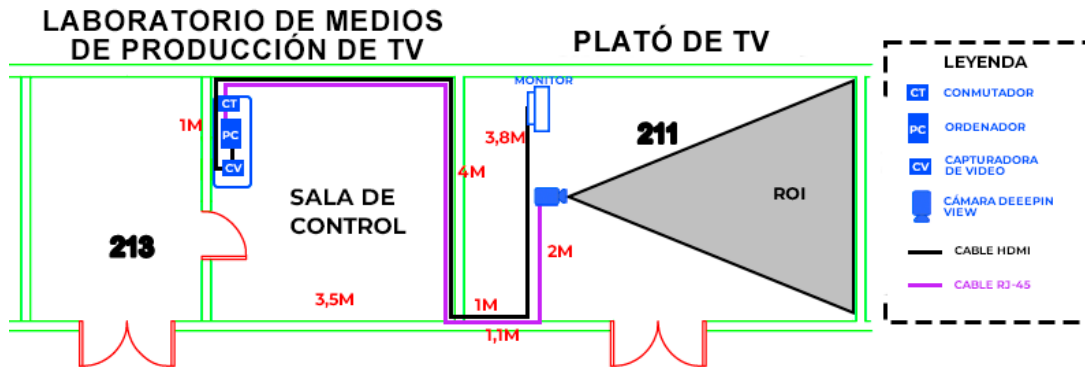


Figura 80. Plano de instalación cámara DeepIn View
Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 81* se muestra un plano en 3D con la vista o región de interés que abarca la cámara. En este caso, la cámara de gestión de colas toma una vista frontal con cierta inclinación hacia abajo.

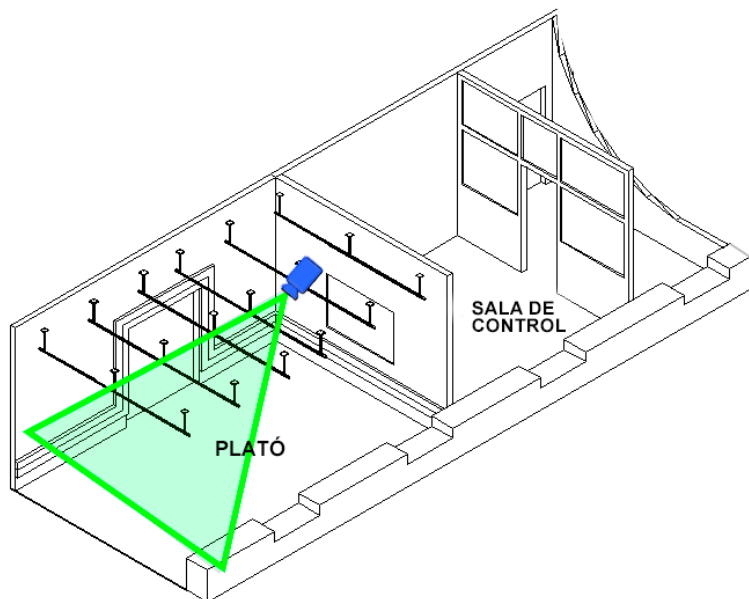


Figura 81. Plano vista 3D cámara DeepIn View
Fuente: Elaboración propia

Para la fase de experimentación se usarán las tres regiones de interés que permite la cámara DeepIn View. De hora en adelante la capa amarilla corresponde la región 1, la capa azul (central) corresponde la región 2 y la capa roja corresponde a la región 3.

De forma análoga a la cámara de conteo, primero se comprueba a través de la interfaz de la cámara, que la cámara está bien configurada y calibrada. Para ello, inicialmente se prueba a colocar los voluntarios en distintas regiones, agrupándolos en grupos y dividiéndolos. En la *Figura 82* se muestran algunos ejemplos. Una vez verificado, se prueba una simulación de cola, siguiendo las recomendaciones del fabricante, que indican que la cola es mejor grabarla de lado para evitar oclusión. Dicho simulacro se representa en la *Figura 83*.

Al igual que en la primera cámara, el siguiente paso es comprobar que el intérprete está recogiendo y almacenando bien los datos que le aporta la cámara. Gracias a la capturadora es posible ver que todo está funcionando correctamente y ser participe en el experimento.

Para el caso siguiente, repetimos el simulacro de cola y corroboramos que los datos que muestra el intérprete coinciden con las acciones realizadas por los voluntarios (*ver Figura 84*).



Figura 82. Prueba con la interfaz de la cámara de gestión de colas
Fuente: Elaboración propia



Figura 83. Prueba con la interfaz de la cámara de gestión de colas
Fuente: Elaboración propia

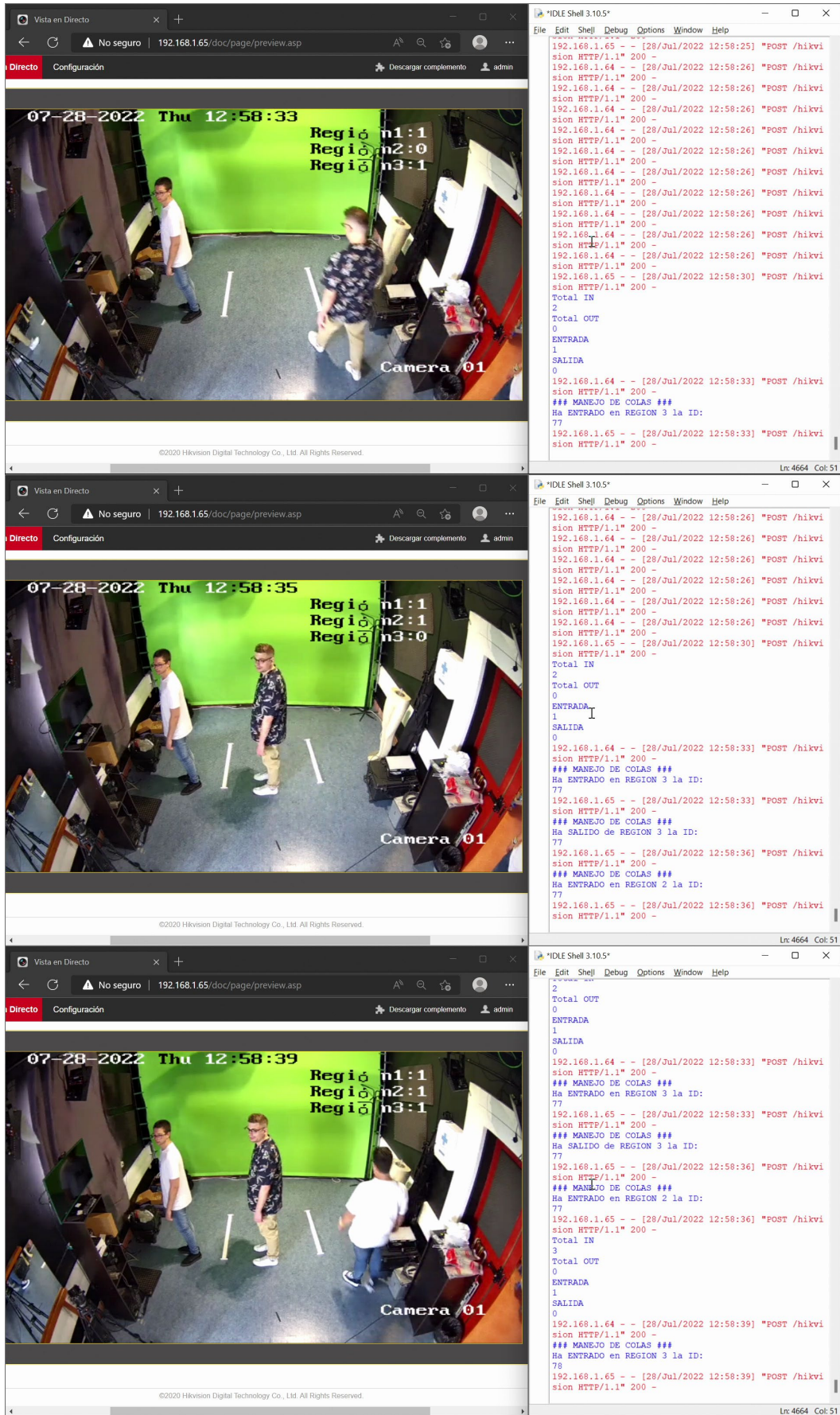


Figura 84. Prueba con la interfaz de la cámara de gestión de colas
Fuente: Elaboración propia

En la *Figura 82* vemos como el intérprete recoge la información de un simulacro de cola. En la situación inicial ya hay un individuo en cola en la región 1 y lo que la cámara va a detectar es la entrada de un nuevo individuo a la región 3 y le va a asociar un id de rostro 77. En el siguiente fotograma, el individuo 77 ha salido de la región 3 para entrar en la región 2. Lo siguiente es la entrada de un nuevo individuo a la región 3, como es nuevo, se le asigna una nueva id de rostro 78.

La *Figura 83* continúa con el caso mostrado en la *Figura 82*. Lo que muestra dicha figura es que el primer sujeto que estaba en la cola tiene un id 76, lo que indica que se ha mantenido el id del rostro que se le asignó al entrar. Además, observamos como el intérprete muestra la acción de entrada en la región 2 y abandono de la región 1. Asimismo, los datos relativos al número de personas en determinada área que nos proporciona la interfaz de cámara coinciden con lo que podemos apreciar en la imagen.

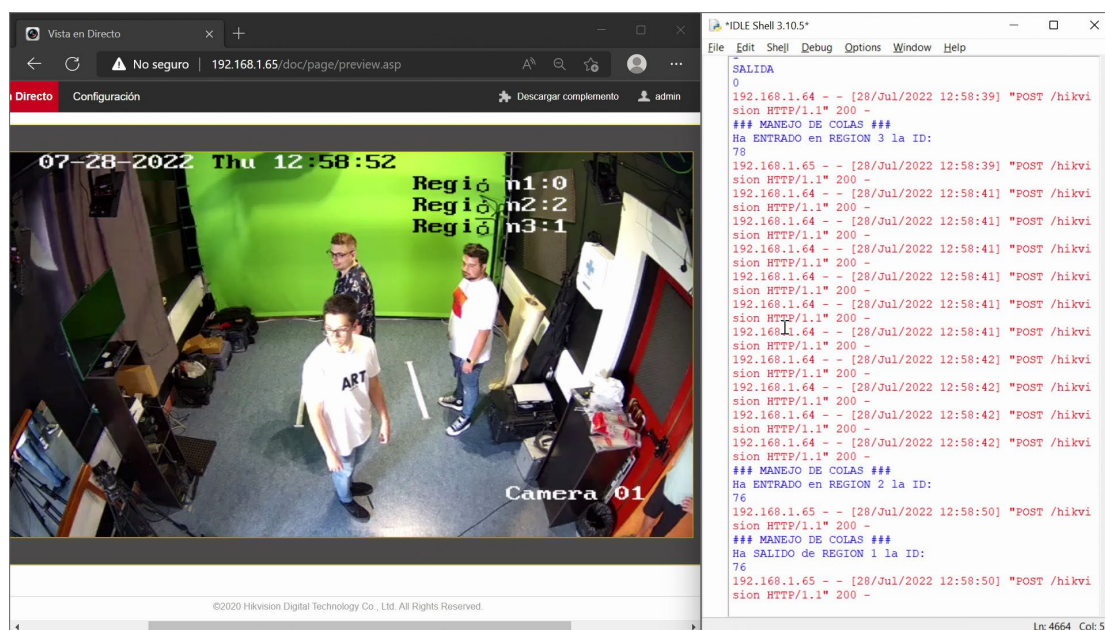


Figura 85. Prueba con la interfaz de la cámara de gestión de colas
Fuente: Elaboración propia

5.3. Resultados

Durante la fase de experimentación correspondiente al control de afluencia, la tasa de acierto fue prácticamente del 99%. Además, la cámara Dual Lens People Counting fue capaz de reconocer cuando dos personas entraban juntas. El intérprete, por su parte, recogió exactamente lo mismo que la cámara, solo cuando la cámara no era capaz de detectar el evento, el intérprete no lo registraba. Por tanto, el intérprete ha sido capaz de introducir en la base de datos cada entrada y salida detectada por la cámara Dual Lens People Counting. Por último, se ha verificado que el servicio web es capaz de mostrar los datos y representar las gráficas en tiempo real, con los datos aportados por las cámaras, a través de la base de datos creada por el intérprete.

Para el caso aplicativo DS, los resultados fueron análogos, es decir, siempre y cuando la cámara detectara un evento de entrada/salida, el aplicativo era capaz de mostrar el estado actual y actuar en consecuencia, generando una serie de advertencias. Lo que demuestra que la comunicación entre intérprete y servicio web es bastante eficaz.

Por otra parte, la fase de experimentación correspondiente a la gestión de aforo, realizada con la cámara DeepIn View, presentó un porcentaje de acierto inferior, siendo, no obstante, cercano al 95%. Se demostró que el recuento de persona en una fila para su gestión presenta problemas cuando los sujetos se sitúan frente a la cámara. Además, la oclusión puede ocasionar la pérdida del rostro id asociado, de modo que el sujeto no es contado y en caso de moverse se le asigna un nuevo id del rostro. En el simulacro de cola se obtiene resultados con mayor precisión.

Cabe destacar que la detección de entrada y salida en la región no siempre es inmediata, y a veces requiere de 1 o 2 segundos para hacerse efectiva. En cuanto a la información recogida por el intérprete, es la misma que se muestra en el visor de la cámara en su web de configuración. De forma que, si la cámara detecta algún evento, este siempre es recogido por el intérprete y almacenado en la base de datos. Una vez almacenado en la base de datos, se muestra en el servicio web en tiempo real sin ningún inconveniente.

En conclusión, se ha conseguido una comunicación eficaz entre las cámaras y el intérprete, y entre el intérprete y el servicio web. De modo que, en condiciones ideales, donde las cámaras fueran capaces de detectar cada uno de los eventos que se producen, el intérprete sería capaz de recoger la totalidad de los datos y el servicio web sería capaz de mostrarlos y representarlos gráficamente.

6. Conclusiones y líneas futuras

En este trabajo, se aborda con éxito los objetivos propuestos, se expone la necesidad de desarrollar estos sistemas más allá de las cuestiones sanitarias y se demuestra el potencial de los sistemas de gestión de aforo.

Se combina el desarrollo software con el manejo de un equipo hardware. De forma que, a partir de un conjunto de cámaras, somos capaces de presentar en un formato amigable datos que aportan un valor diferencial tanto a los clientes, como a los empleados y a los gestores de negocios.

En futuras versiones, se podría plantear el abordar la base de datos mediante NoSQL, debido a su escalabilidad y su carácter descentralizado, así como su flexibilidad. Además, sería interesante, desarrollar todo el código utilizando algún framework de Javascript, como Vue, React o Angular, que son los más demandados en la actualidad para el desarrollo web. Este tipo de framework se basa en componentes que podemos reutilizar, de modo que ahorramos espacio y recursos, optimizando al máximo nuestro sitio web.

La cuestión del diseño y las funciones que se pueden ofrecer está muy ligado al tipo de negocio en el cual queremos trabajar. Es necesario un estudio, para ver qué estadísticas nos aportan más valor. Sin embargo, puede resultar más difícil el hecho de conocer cuáles son los datos más relevantes y como deben ser mostrados, que el hecho en sí de extraerlos y representarlos.

Para finalizar y a título personal, el desarrollo de este trabajo me ha permitido consolidar los conocimientos adquiridos durante mi etapa de estudiante en la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. En concreto, mejorar las competencias como la de poder diseñar y programar aplicaciones en el entorno de las telecomunicaciones, tener la capacidad para utilizar herramientas de búsqueda de información, tener la capacidad para transmitir ideas e información y

reunir datos fundamentales desde estas fuentes. Por tanto, considero que pese a no haber estudiado programación con lenguaje PHP y Javascript en mi mención de Sonido e Imagen, he adquirido las herramientas suficientes para desarrollar aplicaciones en nuevos lenguajes de forma autodidacta.

7. Bibliografía

- [1] “Covid Capacity | Dinycon.” <https://www.dinycon.com/en/sectors/covid-capacity> (accessed Jun. 02, 2022).
- [2] X. Zhao, E. Dellandréa, and L. Chen, “A people counting system based on face detection and tracking in a video,” *6th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, AVSS 2009*, pp. 67–72, 2009, doi: 10.1109/AVSS.2009.45.
- [3] J. Garcia, A. Gardel, I. Bravo, J. L. Lazaro, M. Martinez, and D. Rodriguez, “Directional people counter based on head tracking,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 60, no. 9, pp. 3991–4000, 2013, doi: 10.1109/TIE.2012.2206330.
- [4] “Digital Signage » Sistema de Gestión de Colas y Turnos de Espera.” <http://www.denevads.es/sistema-de-gestion-de-colas/> (accessed Feb. 07, 2022).
- [5] “Detección de colas | Soluciones por aplicación | Hikvision.” <https://www.hikvision.com/es/solutions/solutions-by-application/queue-detection/> (accessed Feb. 07, 2022).
- [6] M. Garaus and U. Wagner, “Let me entertain you – Increasing overall store satisfaction through digital signage in retail waiting areas,” *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 47, pp. 331–338, Mar. 2019, doi: 10.1016/J.JRETCONSER.2018.12.008.
- [7] C. Bauer, M. Garaus, C. Strauss, and U. Wagner, “Research Directions for Digital Signage Systems in Retail,” *Procedia Comput Sci*, vol. 141, pp. 503–506, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.PROCS.2018.10.135.
- [8] M. Samuel, S. M. Ajibade, and F. F. Moveh, “A.I. Driven Thermal People Counting for Smart Window Facade Using Portable Low-Cost Miniature Thermal Imaging Sensors,” Jan. 2020, doi: 10.20944/PREPRINTS202001.0067.V1.
- [9] H. Celik, A. Hanjalic, and E. A. Hendriks, “Towards a Robust Solution to People Counting,” in *2006 International Conference on Image Processing*, Oct. 2006, pp. 2401–2404. doi: 10.1109/ICIP.2006.312946.
- [10] Q. Ye and Z. Yang, “A method of automatic people counting used in air-conditioning energy-saving,” *ICCET 2010 - 2010 International Conference on Computer Engineering and Technology, Proceedings*, vol. 6, 2010, doi: 10.1109/ICCET.2010.5485957.
- [11] S. T. Kouyoumdjieva, P. Danielis, and G. Karlsson, “Survey of Non-Image-Based Approaches for Counting People,” *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 22, no. 2, pp. 1305–1336, Apr. 2020, doi: 10.1109/COMST.2019.2902824.
- [12] S. D. Pore and B. F. Momin, “Bidirectional people counting system in video surveillance,” *2016 IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information and Communication Technology, RTEICT 2016 - Proceedings*, pp. 724–727, Jan. 2017, doi: 10.1109/RTEICT.2016.7807919.
- [13] A. Komashie, A. Mousavi, P. J. Clarkson, and T. Young, “An Integrated Model of Patient and Staff Satisfaction Using Queuing Theory,” *IEEE J Transl Eng Health Med*, vol. 3, 2015, doi: 10.1109/JTEHM.2015.2400436.

- [14] D. J. Worthington, "Queueing Models for Hospital Waiting Lists," *J Oper Res Soc*, vol. 38, no. 5, p. 413, May 1987, doi: 10.2307/2582730.
- [15] S. O. Maitanmi, S. Okolie, and M. Olusola, "Queue Management Systems for Congestion Control: Case study of First Bank, Nigeria," *IJASCSE*, vol. 2, no. 5, 2013, Accessed: Jun. 07, 2022. [Online]. Available: www.ijascse.org
- [16] L. Green, "Queueing Analysis in Healthcare," *International Series in Operations Research and Management Science*, vol. 91, pp. 281–307, 2006, doi: 10.1007/978-0-387-33636-7_10.
- [17] N. M. Ferguson, D. A. T. Cummings, C. Fraser, J. C. Cajka, P. C. Cooley, and D. S. Burke, "Strategies for mitigating an influenza pandemic," *Nature* 2006 442:7101, vol. 442, no. 7101, pp. 448–452, Apr. 2006, doi: 10.1038/nature04795.
- [18] C. Fraser, S. Riley, R. M. Anderson, and N. M. Ferguson, "Factors that make an infectious disease outbreak controllable," *Proc Natl Acad Sci U S A*, vol. 101, no. 16, pp. 6146–6151, Apr. 2004, doi: 10.1073/PNAS.0307506101/ASSET/45E6B0E2-CB72-4A4F-BAA1-C12EB7DF0150/ASSETS/GRAPHIC/ZPQ0150445020003.JPEG.
- [19] R. L. dos Santos, H. C. de Oliveira, M. C. de Almeida, D. F. Vieira, E. P. L. Junior, and T. Ji, "A Low-Cost Bidirectional People Counter Device for Assisting Social Distancing Monitoring for COVID-19," *Journal of Control, Automation and Electrical Systems* 2022, pp. 1–13, Apr. 2022, doi: 10.1007/S40313-022-00916-Z.
- [20] A. I. Kyritsis and M. Deriaz, "A Queue Management Approach for Social Distancing and Contact Tracing," *Proceedings - 2020 3rd International Conference on Artificial Intelligence for Industries, AI4I 2020*, pp. 66–68, Sep. 2020, doi: 10.1109/AI4I49448.2020.00022.
- [21] S. Degadwala, D. Vyas, H. Dave, and A. Mahajan, "Visual Social Distance Alert System Using Computer Vision Deep Learning," *Proceedings of the 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology, ICECA 2020*, pp. 1512–1516, Nov. 2020, doi: 10.1109/ICECA49313.2020.9297510.
- [22] "Shoof Hand Tally Counter | NZ Farm Source." <https://store.nzfarmsource.co.nz/catalog/shoof-hand-tally-counter/206901> (accessed Jun. 05, 2022).
- [23] M. C. Diogenes, R. Greene-Roesel, L. S. Arnold, and D. R. Ragland, "Pedestrian Counting Methods at Intersections: A Comparative Study," <https://doi.org/10.3141/2002-04>, vol. 2002, no. 1, pp. 26–30, Jan. 2007, doi: 10.3141/2002-04.
- [24] I. Udrea, C. G. Alionte, G. Ionascu, and T. C. Apostolescu, "New research on People Counting and Human Detection," *Proceedings of the 13th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2021*, Jul. 2021, doi: 10.1109/ECAI52376.2021.9515115.
- [25] H. Mohammadmoradi, S. Munir, O. Gnawali, and C. Shelton, "Measuring people-flow through doorways using easy-to-install IR array sensors," *Proceedings - 2017 13th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems, DCOSS 2017*, vol. 2018-January, pp. 35–43, Jan. 2018, doi: 10.1109/DCOSS.2017.26.
- [26] "# 223 Evolución de People Counters - Blog FootfallCam." <https://www.footfallcam.com/es/blog/2017/12/223-evolution-of-people-counters/> (accessed May 31, 2022).

- [27] K. Hashimoto, C. Kawaguchi, S. Matsueda, K. Morinaka, and N. Yoshiike, "People-counting system using multisensing application," *Sens Actuators A Phys*, vol. 66, no. 1–3, pp. 50–55, Apr. 1998, doi: 10.1016/S0924-4247(97)01715-9.
- [28] I. J. Amin, A. J. Taylor, F. Junejo, A. Al-Habaibeh, and R. M. Parkin, "Automated people-counting by using low-resolution infrared and visual cameras," *Measurement*, vol. 41, no. 6, pp. 589–599, Jul. 2008, doi: 10.1016/J.MEASUREMENT.2007.02.010.
- [29] W. C. Lin, W. K. G. Seah, and W. Li, "Exploiting radio irregularity in the Internet of Things for automated people counting," *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC*, pp. 1015–1019, 2011, doi: 10.1109/PIMRC.2011.6139649.
- [30] G. Percannella, D. Conte, P. Foggia, F. Tufano, and M. Vento, "A Method for Counting Moving People in Video Surveillance Videos," *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing 2010 2010:1*, vol. 2010, no. 1, pp. 1–10, Jun. 2010, doi: 10.1155/2010/231240.
- [31] "People Counting | Home." <https://peoplecounting.com.sg/> (accessed Jul. 24, 2022).
- [32] D. Beymer, "Person counting using stereo," *Proceedings - Workshop on Human Motion, HUMO 2000*, pp. 127–133, 2000, doi: 10.1109/HUMO.2000.897382.
- [33] K. Terada, D. Yoshida, S. Oe, and J. Yamaguchi, "Method of counting the passing people by using the stereo images," *IEEE International Conference on Image Processing*, vol. 2, pp. 338–342, 1999, doi: 10.1109/ICIP.1999.822913.
- [34] "Hikvision, tecnología Darkfighter. Por qué conformarse con el blanco y negro." <https://cuadernosdeseguridad.com/2017/01/hikvision-tecnologia-darkfighter-conformarse-blanco-negro/> (accessed May 31, 2022).
- [35] C. Groba, "Demonstrations and people-counting based on Wifi probe requests," *IEEE 5th World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2019 - Conference Proceedings*, pp. 596–600, Apr. 2019, doi: 10.1109/WF-IOT.2019.8767208.
- [36] "WiFi Tracker people counter | Tekio." <https://tekio.it/en/solutions/wifi-tracker-people-counter/> (accessed Jun. 01, 2022).
- [37] S. Zobair Ahmed *et al.*, "Automated Queue Management System," *Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal Publisher: Global Journals Inc*, vol. 16, 2016, Accessed: Jun. 19, 2022. [Online]. Available: <http://creativecommons.com>.
- [38] M. Garaus and U. Wagner, "Let me entertain you – Increasing overall store satisfaction through digital signage in retail waiting areas," *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 47, pp. 331–338, Mar. 2019, doi: 10.1016/J.JRETCONSER.2018.12.008.
- [39] "DJ3 NETWORKS - Inicio." <http://dj3networks.com/> (accessed Aug. 01, 2022).
- [40] C. Bauer, P. Dohmen, and C. Strauss, "Interactive digital signage - An innovative service and its future strategies," *Proceedings - 2011 International Conference on Emerging Intelligent Data and Web Technologies, EIDWT 2011*, pp. 137–142, 2011, doi: 10.1109/EIDWT.2011.29.
- [41] J. Müller, J. Exeler, M. Buzeck, and A. Krüger, "ReflectiveSigns: Digital signs that adapt to audience attention," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in*

- Bioinformatics*), vol. 5538 LNCS, pp. 17–24, 2009, doi: 10.1007/978-3-642-01516-8_3/COVER/.
- [42] “Occupancy & People Counting - Premier Wireless.” <https://www.premierwireless.com/people-counting/> (accessed Sep. 04, 2022).
- [43] C. M. Voorhees, J. Baker, B. L. Bourdeau, E. D. Brocato, and J. J. Cronin, “It Depends: Moderating the Relationships Among Perceived Waiting Time, Anger, and Regret,” <http://dx.doi.org/10.1177/1094670509336744>, vol. 12, no. 2, pp. 138–155, May 2009, doi: 10.1177/1094670509336744.
- [44] M. A. Cameron, J. Baker, M. Peterson, and K. Braunsberger, “The effects of music, wait-length evaluation, and mood on a low-cost wait experience,” *J Bus Res*, vol. 56, no. 6, pp. 421–430, Jun. 2003, doi: 10.1016/S0148-2963(01)00244-2.
- [45] S. Oakes, “Musical tempo and waiting perceptions,” *Psychol Mark*, vol. 20, no. 8, pp. 685–705, Aug. 2003, doi: 10.1002/MAR.10092.
- [46] “Reconocimiento facial | Deep Learning | Hikvision.” <https://www.hikvision.com/es/core-technologies/deep-learning/facial-recognition/> (accessed May 24, 2022).
- [47] “Selección del cable correcto para PoE | Black Box.” <https://www.blackbox.com/es-es/insights/black-box-explica-old/cable-de-cobre/seleccion-del-cable-correcto-para-poe> (accessed May 31, 2022).
- [48] “Hikvision DS-2CD6825G0/C-IVS 2MP Outdoor People Counting Camera, Dual Lens, IP67, PoE, 2mm – Security Wholesalers.” <https://www.securitywholesalers.com.au/product/hikvision-ds-2cd6825g0-c-ivs-2mp-outdoor-people-counting-camera-dual-lens-ip67-poe-2mm/> (accessed May 20, 2022).
- [49] “DS-2CD6825G0/C-I(V)(S) | Serie Special | Hikvision.” <https://www.hikvision.com/es/products/IP-Products/Network-Cameras/Special-Series/ds-2cd6825g0-c-i-v--s/> (accessed May 20, 2022).
- [50] “iDS-2CD7146G0/S-IZS | Serie DeepinView | Hikvision.” <https://www.hikvision.com/es/products/IP-Products/Network-Cameras/DeepinView-Series/ids-2cd7146g0-s-izs/#> (accessed May 31, 2022).
- [51] “NEW DEEPINVIEW 7 SERIES HIKVISION CONTENTS”.
- [52] “(11) How to Configure Queue Management Function of 7 Series DeepinView Cameras - YouTube.” https://www.youtube.com/watch?v=H6XW4_SBtbY (accessed May 31, 2022).
- [53] “(11) Integrated Security Solution – Retail - YouTube.” https://www.youtube.com/watch?v=jOxOska_fQA (accessed May 31, 2022).
- [54] “About the XAMPP project.” <https://www.apachefriends.org/es/about.html> (accessed May 31, 2022).
- [55] S. Graciela, P. Ibarra, R. Quispe, F. F. Mullicundo, D. A. Lamas, and L. Presente, “HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO WEB DESDE EL FRONTEND AL BACKEND”, Accessed: Jun. 19, 2022. [Online]. Available: <https://www.campusmvp.es/recursos/post/Desar>
- [56] H. Dhany, F. Izhari, H. Fahmi, ... M. T.-... conference on public, and undefined 2017, “Encryption and decryption using password based encryption, MD5, and DES,” *atlantis-press.com*, 2018, Accessed: Jun. 07, 2022. [Online]. Available: <https://www.atlantis-press.com/article/25889853.pdf>

- [57] B. F. Janzen and R. J. Teather, "Is 60 FPS better than 30? The impact of frame rate and latency on moving target selection," *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, pp. 1477–1482, 2014, doi: 10.1145/2559206.2581214.
- [58] "Digital Signage | Full Solution Signage Provider - Scala." <https://www.scala.com/en/> (accessed Sep. 04, 2022).

8. Presupuesto

En este apartado del TFG se hará un desglose del coste total del proyecto. Para determinar el coste se han seguido las pautas establecidas por el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación (COITT). El coste de proyecto se dividirá en los siguientes apartados:

- Recursos materiales
- Trabajo tarifado por tiempo empleado
- Coste de redacción de TFG
- Material fungible
- Derechos de visado de COITT
- Gastos de tramitación y envío
- Aplicación de impuestos.

8.1. Recursos materiales

Para la realización de este TFG han sido necesarios diferentes recursos tanto del ámbito de hardware, como ordenadores y cámaras, como en el ámbito de software. Con el fin de crear un proyecto lo más accesible posible y reducir los costes finales, se ha hecho uso de programas de software libre. Destacan el Visual Studio Code, como editor de código, y XAMPP. También se ha utilizado el paquete ofimático de Microsoft Office 365, que no incluiremos en los costes, ya que disponemos de él de forma gratuita con la licencia de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Con el fin de establecer un cálculo de la amortización, se presupone el sistema de amortización como lineal, de tal forma que se asume que el inmovilizado material se desprecia de forma constante a lo largo de su vida útil

Así, para llevar a cabo el cálculo de la cuota de amortización anual, se calcula usando la siguiente ecuación:

$$Cuota\ anual = \frac{Valor\ de\ adquisición - Valor\ residual}{Cantidad\ de\ años\ de\ vida\ útil}$$

Ecuación 1. Cuota de amortización anual

El valor residual es el valor teórico supuesto que tendría el elemento después de su vida útil. Para determinar su valor aplicaremos los coeficientes según la Ley 27/2014, de 27 de noviembre, del Impuesto sobre Sociedades.

Equipos electrónicos e informáticos. Sistemas y programas	Coefficiente lineal máximo
<i>Equipos electrónicos</i>	20%
<i>Equipos para procesos de información</i>	25%
<i>Sistemas y programas informáticos.</i>	33%
<i>Otros elementos</i>	10%

Tabla 1. Coeficientes según la Ley 27/2014, de 27 de noviembre, del Impuesto sobre Sociedades

Para el cálculo de cuota de amortización aplicable, usamos la siguiente ecuación:

$$Cuota\ aplicable = \frac{Cuota\ anual * Uso\ (Meses)}{12\ meses\ (1\ Año)}$$

Ecuación 2. Cuota de amortización aplicable

Recursos materiales	Unidades	Valor de adquisición	Valor residual	Vida útil (años)	Cuota anual	Uso (meses)	Cuota aplicable	
<i>Portátil Asus Rog Strix G531GT (Intel Core i7, 16 GB RAM, 500 GB SSD)</i>	1,00	1.168,99 €	233,80 €	5,00	187,04 €	6,00	93,52 €	
<i>Conmutador D-Link DGS-1210-10P</i>	1,00	138,87 €	27,77 €	2,00	55,55 €	6,00	27,77 €	
<i>Cable RJ-45 Cat.7 1.5m</i>	1,00	8,72 €	0,87 €	1,00	7,85 €	6,00	3,92 €	
<i>Cables RJ-45 Cat.7 30m</i>	2,00	49,16 €	4,92 €	1,00	44,24 €	6,00	22,12 €	
<i>Cable HDMI 1,5m</i>	1,00	15,75 €	1,58 €	1,00	14,18 €	1,00	1,18 €	
<i>Cable HDMI 25m</i>	1,00	52,01 €	5,20 €	1,00	46,81 €	1,00	3,90 €	
<i>Black Magic Video Assist 7" 12G HDR</i>	1,00	1.005,00 €	201,00 €	3,00	268,00 €	1,00	22,33 €	
<i>Monitor NEC 40" MultiSync X401S</i>	1,00	398,78 €	79,76 €	5,00	63,80 €	1,00	5,32 €	
<i>Cámara Hikvision Dual-Lens (DS-2CD6825G0/C-IS)</i>	1,00	1.247,81 €	249,56 €	1,00	998,25 €	5,00	415,94 €	
<i>Cámara Hikvision DeepIn View (iDS-2CD7146G0-IZS)</i>	1,00	956,66 €	191,33 €	1,00	765,33 €	5,00	318,89 €	
<i>Discos Duro Externo Samsung S7 SSD 500GB</i>	1,00	94,97 €	18,99 €	1,00	75,98 €	6,00	37,99 €	
<i>Discos Duro Externo Samsung S7 SSD 100GB</i>	1,00	138,88 €	27,78 €	3,00	37,03 €	1,00	3,09 €	
MATERIALES AMORTIZABLES		TOTAL						955,97 €

Tabla 2. Coste total de los materiales amortizables

El coste total de los materiales amortizables **(CA)** es de: novecientos cincuenta y cinco euros con noventa y siete céntimos **(955,97 €)**.

8.2. Trabajo tarifado por tiempo empleado

Este TFG se ha realizado en 300 horas marcadas con tareas de documentación, desarrollo y tutorías. Siguiendo las recomendaciones del COITT, el importe de horas de trabajo (H) para la finalización del trabajo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$H = Ct \cdot 74,88 \cdot Hn + Ct \cdot 96,72 \cdot He$$

Ecuación 3. Tarifado por tiempo empleado

Donde H son los honorarios por tiempo empleado y Ct es un factor de corrección cuyo valor según el COITT para horas empleadas de 180 a 360 horas es de Ct = 0,60. El coeficiente Hn son las horas trabajadas en una jornada laboral y He son horas especiales empleadas. Conociendo lo anterior, los honorarios totales según el tiempo invertido son:

$$H = 0,6 \cdot 74,88 \cdot 300 + 0,6 \cdot 96,72 \cdot 0 = 13.478,40 \text{ €}$$

Ecuación 4. Cálculo del tarifado por tiempo empleado

El trabajo tarifado por tiempo empleado es de trece mil cuatrocientos setenta y ocho euros con cuarenta céntimos.

8.3. Coste de redacción del TFG

Los costes relativos a la redacción del Trabajo de Fin de Grado se determinan a partir de la siguiente ecuación:

$$R = 0,07 \cdot P \cdot C_n$$

Ecuación 5. Honorarios por la redacción del trabajo

Donde P es el presupuesto del trabajo y C_n es el coeficiente de ponderación en función del presupuesto. El presupuesto del trabajo (**P**), es la suma de los costes por tiempo invertido y los costes de amortización:

$$P = H + CA = 955,97 + 13.478,40 = 14.434,37 \text{ €}$$

Ecuación 6. Coste final para redacción del TFG

El COITT establece un coeficiente de ponderación C_n con un valor de 1,00 para presupuestos inferiores a 30.050,00 €. Por tanto, el coste derivado de la redacción de este TFG es:

$$R = 0,07 \cdot 14.434,37 \cdot 1 = 1.010,41 \text{ €}$$

Ecuación 7. Coste por redacción del trabajo

El coste de redacción del presente trabajo es de mil diez euros con cuarenta y un céntimos

8.4. Material fungible

En este proyecto no tendrá en cuenta ningún gasto por edición de documentos ni por gastos de material de oficina, aunque en este proyecto se editan los documentos recibidos, como dichos documentos son ofrecidos por el interesado no representan ningún tipo de coste, por lo que el coste asociado al material fungible es de cero euros (0 €).

8.5. Derechos de visado del COITT

El COITT establece que los gastos de visado se calculan a partir de la siguiente ecuación:

$$V = 0,006 * PT * CV$$

Ecuación 8. Derechos de visado del COITT

Donde:

- V es el coste de visado del trabajo.
- PT es el presupuesto del proyecto.
- CV es el coeficiente reductor en función del presupuesto

PT es la suma coste de redacción (R), el coste trabajo tarifado (H), el coste del material fungible y el coste de amortización (CA):

$$PT = R + H + CA =$$

$$PT = 1.010,41 + 13.478,40 + 955,97 = \mathbf{15.444,78 \text{ €}}$$

Ecuación 9. Cálculo del presupuesto del proyecto

El coeficiente reductor Cv para presupuestos menores de 30.050,00 €, tiene un valor de 1, siendo entonces el coste de derechos de visado para este proyecto:

$$V = 0,006 * 15444,78 * 1 = 92,67 \text{ €}$$

Ecuación 10. Cálculos derechos de visado del COITT

8.6. Gastos de tramitación y envío

Los gastos de tramitación y envío están estipulados en seis euros (6,00 €) por cada documento visado de forma telemática.

8.7. Aplicación de impuestos

El presupuesto total del presente TFG está gravado por el Impuesto General Indirecto Canario (IGIC), que está establecido en la actualidad en un siete por ciento (7 %). El coste total de este TFG se encuentra desglosado en la siguiente tabla:

Descripción	Subtotal
<i>Amortización de materiales</i>	955,97 €
<i>Trabajo tarifado por tiempo empleado</i>	1.3478,40 €
<i>Costes de material fungible</i>	0 €
<i>Redacción del trabajo</i>	1.010,41 €
<i>Derechos de visado del COIT</i>	92,67 €
<i>Gastos de tramitación y envío</i>	6,00 €
Suma (€)	15.543,45 €
IGIC (7%)	1.088,04 €
TOTAL	16.631,49 €

Tabla 3. Presupuesto Total del TFG

El presupuesto total del proyecto “Sistema de Control de Aforos basado en Cámaras Inteligentes para Entornos de Alta Densidad de Ocupación” asciende a dieciséis mil seiscientos treinta y uno euros con cuarenta y nueve céntimos **(16.631,49 €)**.

Las Palmas de Gran Canaria, a 5 de septiembre de 2022:

Fdo.: Bryan Della Giusta