

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

MASTER EN EVAL. AMB. ECOSISTEMAS MARINOS Y COST.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Monitoreo de peces en tanques de piscifactoría mediante el uso de diferentes sensores”

TRABAJO FINAL DE MASTER

Autor/a:

Basterrechea Chertudi, Daniel Andoni

Tutor/a:

Parra Boronat, Lorena

Lloret Mauri, Jaime

GANDIA, 2018

AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar quisiera agradecer el apoyo que me ha otorgado mi pareja por su comprensión y amor incondicional que me han dado las fuerzas para poder seguir adelante y terminar este Trabajo Final de Master. También quisiera agradecer a mí mi aita y ama la posibilidad que me han brindado para poder encontrarme hoy donde estoy, siendo asimismo un gran apoyó en cada momento de mi vida.

Finalmente, quisiera dar un gran agradecimiento a mi tutora de TFM Lorena Parra Boronat, por hacer posible la realización de este trabajo, mostrando interés continuo y ayudándome en todo lo posible, mostrando un gran interés en la materia, cualidad que se agradece en gran medida hoy en día.

Resumen:

La piscicultura es un método cada vez más utilizado para proporcionar alimento a la creciente demanda de la población. Pero la cría y alimentación de estos peces de piscifactoría supone un coste muy elevado. La materia de alimento proporcionado no es ingerida y se precipita al fondo de los tanques. Esto sucede debido a que no se sabe cuándo los peces necesitan alimentarse.

El objetivo de este Trabajo Final de Máster es intentar monitorizar el movimiento de los peces en los tanques de piscifactoría, realizando diferentes pruebas con sensores físicos. Concretamente con sensores ópticos LDR. Con esto se quiere lograr relacionar el cambio de movimiento de los peces con la intensidad lumínica captada con el sensor. Esto a la vez, relacionarlo con signos de hambre, con el cual se reducirían los costes de alimentación en las piscifactorías.

En este proyecto se han realizado 4 tomas de medidas, seccionadas en 4 fases. Inicialmente, se comparan dos sensores físicos de distintas características, en donde uno de ellos se descarta debido a que no ofrece un resultado satisfactorio. A continuación, se tomarán medidas con el sensor seleccionado, cogiendo medidas de los dos laterales de la pecera. Una vez, realizado estas tomas de medidas, se decide repetir el proceso pero escogiendo esta vez 3 medidas por cada punto para poder obtener datos más representativos.

Finalmente, una vez comprobado que el sensor escogido es el idóneo, se decide realizar una última prueba con un pez de verdad, para recrear lo máximo posible las condiciones reales. Para ello, se introduce el pez en la pecera cada 2 segundos durante 30 segundos. Cuando el individuo pasa frente al sensor, este muestra valores entre el 14kΩ y el 15kΩ el cual afirma el óptimo funcionamiento del sensor seleccionado, habiendo obtenido los objetivos marcados inicialmente.

Palabras clave:

Sensor óptico, acuicultura, monitoreo de peces, LDR, piscicultura.

Abstract:

Fish farming is a method increasingly used to provide food to the growing demand of the population. But the breeding and feeding of these farmed fish supposes a very high cost. The feed material provided is not ingested and is precipitated to the bottom of the tanks. This happens because you do not know when the fish need to feed.

The objective of this Final Master's Project is to try to monitor the movement of the fish in the fish tanks, performing different tests with physical sensors. Specifically, with LDR optical sensors. With this we want to relate the change of movement of the fish with the light intensity captured with the sensor. This at the same time, relate it to signs of hunger, which would reduce the costs of feeding in the fish farms.

In this project 4 measurements have been taken, divided into 4 phases. Initially, two physical sensors of different characteristics are compared, where one of them is discarded because it does not offer a satisfactory result. Then, measurements will be taken with the selected sensor, taking measures of the two sides of the fish tank. Once, these measurements were taken, it was decided to repeat the process but choosing this time 3 measurements for each point in order to obtain more representative data.

Finally, once it has been verified that the chosen sensor is the ideal one, it is decided to carry out a last test with a real fish, in order to recreate the real conditions as much as possible. For this, the fish is introduced into the tank every 2 seconds for 30 seconds. When the individual passes in front of the sensor, it shows values between $14k\Omega$ and $15k\Omega$ which affirms the optimal functioning of the selected sensor, having obtained the objectives initially marked.

Key words:

Optical sensor, aquaculture, fish monitoring, LDR, fish farming.

Resum:

La piscicultura és un mètode cada vegada més utilitzat per proporcionar aliment a la creixent demanda de la població. Però la cria i alimentació d'aquests peixos de piscifactoria suposa un cost molt elevat. La matèria d'aliment proporcionat no és ingerida i es precipita al fons dels tancs. Això succeeix a causa que no se sap quan els peixos necessiten alimentar-se.

L'objectiu d'aquest Treball Final de Màster és intentar monitoritzar el moviment dels peixos en els tancs de piscifactoria, realitzant diferents proves amb sensors físics. Concretament amb sensors òptics LDR. Amb això es vol aconseguir relacionar el canvi de moviment dels peixos amb la intensitat lumínica captada amb el sensor. Això a la vegada, relacionar-lo amb signes de fam, amb el qual es reduirien els costos d'alimentació en les piscifactories.

En aquest projecte s'han realitzat 4 preses de mesures, seccionades en 4 fases. Inicialment, es comparen dos sensors físics de diferents característiques, en on un d'ells es descarta pel fet que no ofereix un resultat satisfactori. A continuació, es prendran mesures amb el sensor seleccionat, agafant mesures dels dos laterals de la peixera. Un cop, realitzat aquestes preses de mesures, es decideix repetir el procés però escollint aquest cop 3 mides per cada punt per poder obtenir dades més representatives.

Finalment, un cop comprovat que el sensor escollit és l'idoni, es decideix realitzar una última prova amb un peix de veritat, per recrear el màxim possible les condicions reals. Per a això, s'introdueix el peix a la peixera cada 2 segons durant 30 segons. Quan l'individu passa davant del sensor, aquest mostra valors entre el $14k\Omega$ i el $15k\Omega$ el qual afirma l'òptim funcionament del sensor seleccionat, havent obtingut els objectius marcats inicialment.

Paraula clau:

Sensor òptic, aqüicultura, monitorització de peixos, LDR, piscicultura.

ÍNDICE

INDICE DE FIGURAS	8
INDICE DE TABLAS	10
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1 INTRODUCCIÓN	11
1.2 TRABAJOS RELACIONADOS	14
1.3 OBJETIVOS	15
1.4 ESTRUCTURA	16
2 MATERIALES Y MÉTODOS	17
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1 Fases del experimento	24
3.1.1 Datos iniciales de los sensores LDR e Infrarrojo	24
3.1.2 Mediciones con el sensor LDR con luz de pecera	28
3.1.3 Mediciones con el sensor LDR con luz externa homogénea.	33
3.1.4 Mediciones con el sensor LDR con un individuo de dorada.	41
4 CONCLUSIONES	45
4.1 Cumplimiento del objetivo	45
4.2 Conclusiones del proyecto	45
4.3 Problemas encontrados y como se han solucionado	46
4.4 Trabajos futuros	46
5 BIBLIOGRAFÍA	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la acuicultura respecto a la pesca de captura. (FAO, 2016)	11
Figura 2. Utilización y suministro mundiales de pescado. (FAO,2016)	12
Figura 3. Tanques de acuicultura terrestre. (Háblame del mar). (Industria salmonera lidera el cambio hacia el cultivo en instalaciones terrestres, 2016)	13
Figura 4. Multímetro digital.	17
Figura 5. Pecera utilizada en los ensayos realizados.....	18
Figura 6. Probeta & probeta con papel de aluminio.	18
Figura 7. Iluminación de pecera.	19
Figura 8. Sensor LDR soldado a una placa.....	19
Figura 9. Sensor infrarrojo.....	20
Figura 10. Dorada.	20
Figura 11. Papel de aluminio utilizado como parte del experimento.	21
Figura 12. Pecera utilizada en el experimento.	21
Figura 13. Toma de medidas.....	22
Figura 14. Figura orientativa de la sección de toma de datos.	24
Figura 15.Resultados gráficos de los puntos 1,2 y 3 de medida mediante el sensor LDR.	26
Figura 16.Comparación entre punto A, B, C (Sensor LDR).....	26
Figura 17.Resultados gráficos de los puntos 1, 2 y 3 de medida mediante el sensor Infrarrojo.	27
Figura 18.Comparación entre punto A, B, C (Sensor Infrarrojo).....	28
Figura 19.Figura orientativa de la sección horizontal y lateral de toma de datos.	29
Figura 20.Resultados gráficos de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la F.....	30
Figura 21. Resultado gráfico de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la F (Vista 3D).....	31
Figura 22.Figura orientativa de la sección lateral de toma de datos.	31
Figura 23.Resultados gráficos de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la C en la sección lateral.....	32

Figura 24.Resultado gráfico de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la C (Vista 3D).....	33
Figura 25.Resultados gráficos de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la F. (Luz homogénea).....	35
Figura 26.Resultados gráficos de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la F. (Luz homogénea).....	36
Figura 27. Ensayo ANOVA punto 1 del A.....	37
Figura 28.Resultados gráficos de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la C en la sección lateral.....	41
Figura 29.Resultados gráficos de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR utilizando una dorada. (Primeros 15 datos).....	43
Figura 30. Medidas del pez durante 15 segundos.....	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas DB2000.....	17
Tabla 2. Datos iniciales obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k.	25
Tabla 3. Datos obtenidos mediante el sensor infrarrojo.	27
Tabla 4. Datos obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k.	29
Tabla 5. Datos obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k.	32
Tabla 6. Datos obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k en la sección horizontal de la pecera.	34
Tabla 7. Datos obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k en la sección horizontal de la pecera.	34
Tabla 8. Media de datos tomados con el sensor LDR a 20k en la sección horizontal.....	35
Tabla 9. Datos obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k en la sección lateral de la pecera (Sección 1).....	38
Tabla 10. Datos obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k en la sección lateral de la pecera (Sección 2).....	39
Tabla 11. Media de datos tomados con el sensor LDR a 20k en la sección lateral.	40
Tabla 12. Medidas tomadas con la utilización de un pez real en los primeros 15 segundos.....	42
Tabla 13. Medidas tomadas con la utilización de un pez real en los primeros 15 segundos.....	42

1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La expansión de la población humana en el mundo y el desarrollo económico están siendo artífices de necesidad de crear nuevas vías de producción de alimentación de origen marino con el cual suplir una necesidad alimenticia.

La anterior causa viene suscitada por las limitaciones de productividad sufridas en el rendimiento de la pesca mundial por el declive de los ecosistemas y la eficiencia de la gestión realizada en estas. En esta situación hace su aparición la acuicultura, contribuyendo de manera creciente al volumen y estabilidad de los suministros mundiales de pescado.

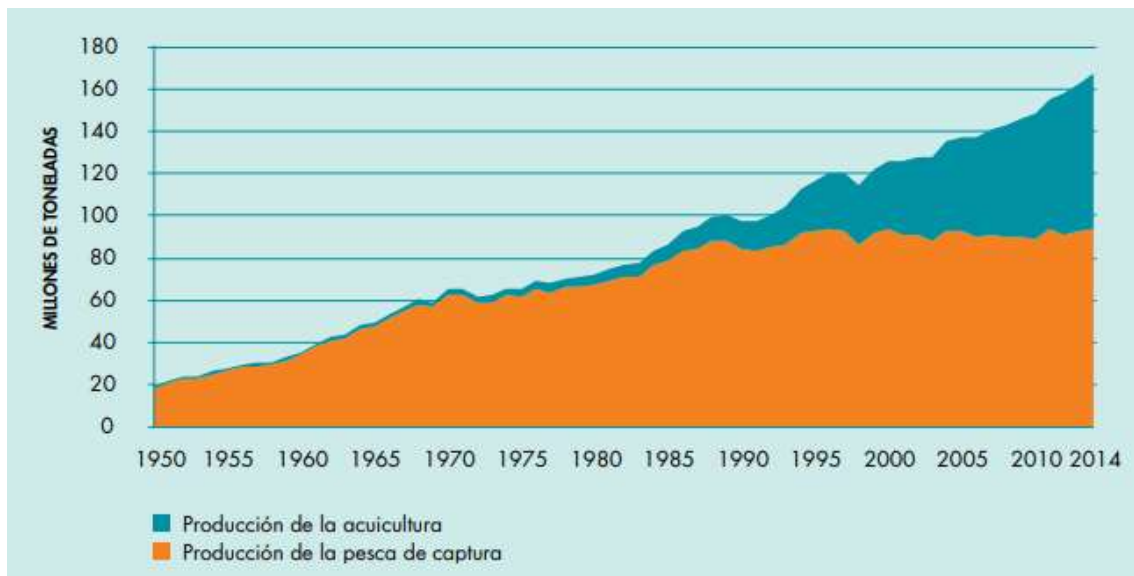


Figura 1. Evolución de la acuicultura respecto a la pesca de captura. (FAO, 2016)

En la *figura 1*, se representa la evolución desde 1950 al 2014 de la acuicultura respecto a la pesca. Esta gráfica es una clara evidencia de que en los últimos años la acuicultura está tomando fuerza por encima de la pesca, observando que su crecimiento se dispara en comparación a de la captura de especímenes en libertad que se estabiliza o tiende a una reducción futura.

Por otra parte, la *figura 2* muestra una correlación entre 4 datos de suma importancia, los cuales son los usos alimentarios, usos no alimentarios, la población y suministro de alimentos.

Asimismo, la gráfica representa un incremento en la utilización del pescado como fuente de alimentación, el cual se identifica con un aumento de en la población humana de los últimos 64 años.

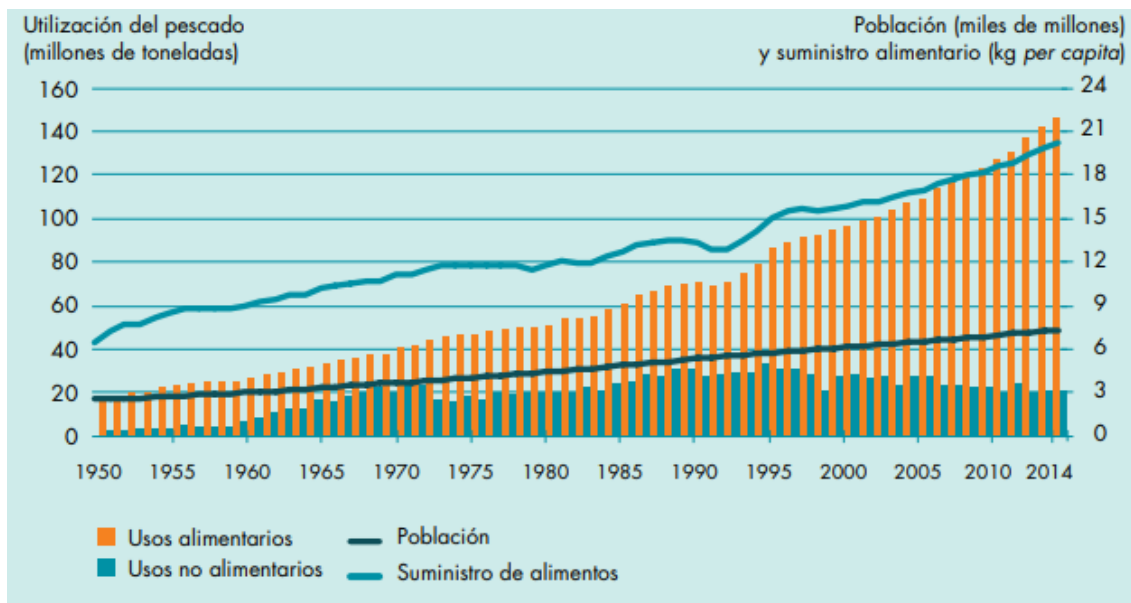


Figura 2. Utilización y suministro mundiales de pescado. (FAO,2016)

En el caso de España, el sector pesquero tradicional viene atravesando una larga y profunda crisis que parece irreversible. En la última década España ha pasado del lugar seis al diecisiete por volúmenes de capturas, de 1.6×10^6 Tm en 1971 a 1×10^6 Tm en 1979, a consecuencia de factores variados: agotamiento de la plataforma continental, establecimiento de las 200 millas, etc.; lo cual ha determinado que la importancia de los productos acuáticos se haya incrementado de manera ostensible, provocando un sensible desequilibrio en la balanza de pagos. (Castelló Orvay, 1993)

Las razones anteriormente mencionadas son algunos de los detonantes que han llevado a España y al resto de la población humana a recurrir a la utilización de la acuicultura como forma de abastecer las necesidades crecientes de la sociedad.

La producción debida a la Acuicultura en España ha estado creciendo durante las últimas décadas gracias a una fuerte inversión en medios. A la producción anterior a 1980 de mejillones y truchas ha seguido un aumento de la Acuicultura intensiva marina sobre todo de dorada, rodaballo y lubina. Más de 20 nuevas especies están actualmente en estudio en diferentes estados de desarrollo para llegar a una producción industrial. La evaluación de actividades de investigación y desarrollo (I+D) desde 1982 a 1999 en la Acuicultura española publicada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, junto con otros informes independientes permite sintetizar y discutir los hitos científicos y políticos que han ayudado avances o han causado retenciones. Los resultados obtenidos han sido posibles gracias a la financiación, formación de personal, actividades de I+D tanto del estado como de las comunidades autónomas (CCAA) y a la participación de empresas privadas en un objetivo común. Las políticas a mantener o las mejoras a introducir incluyen una mayor coordinación de todas las instituciones relacionadas con la Acuicultura, un mejor control de las enfermedades, una mayor promoción de la I+D y mantener la formación de

personal a gran nivel. El grado de desarrollo obtenido, el tiempo requerido, algunos errores y algunas políticas empleadas pueden servir como experiencia y modelo para el futuro desarrollo de la Acuicultura tanto en España como en otros países. (Coll, 2016)

En el caso de la acuicultura realizada en tierra, la dificultad aumenta debido al tamaño reducido de los tanques en comparación a la misma práctica en condiciones marítimas.



Figura 3. Tanques de acuicultura terrestre. (Háblame del mar). (Industria salmonera lidera el cambio hacia el cultivo en instalaciones terrestres, 2016)

En la *figura 3* se representa una instalación de acuicultura terrestre en el cual se crían salmones. Como se puede observar los tanques se sitúan en instalaciones en tierra donde son monitoreados para poder obtener individuos saludables y comercializables.

Una de las mayores preocupaciones suscitadas en este campo es la referida a la alimentación de los individuos explotados. Estos alimentos generalmente son provenientes de fuentes marinas como peces de menor tamaño u otras especies, con los que se realiza pienso.

El pienso producido hoy en día posee un coste muy elevado debido a la necesidad de criar especies diferentes para su preparación. Esta causalidad junto al desconocimiento sobre las necesidades alimenticias de muchas especies de individuos cultivados, causan un incremento en el gasto económico de estas compañías dedicadas a este oficio.

Para poder gestionar de manera más óptima las piscifactorías, en los últimos años, el desarrollo de diferentes Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en conjunto con la creación de pequeños sensores a bajo costo han sido de gran utilidad.

Estos sensores de bajo coste se han utilizado para monitorear desde invernaderos (Sawant, Durbha, & Adinarayana, 2017) a cultivos de cítricos (Wang, Niu, Zheng, Zheng, & Wang, 2016). Además, también se utilizan múltiples sensores para monitorear los animales en granja como las cabras o las vacas (Nadimi, Blanes-Vidal, Jorgensen, & Christensen, 2011). Posteriormente se han propuesto algunos sistemas para monitorear las piscifactorías. Estos se analizarán individualmente en la sección de trabajos relacionados. La mayoría de los sensores estudiados, se basan en el seguimiento del agua.

1.2 TRABAJOS RELACIONADOS

En esta sección, se muestra el estado del arte de los sistemas para el monitoreo de piscifactorías. Varios autores proponen diferentes sistemas para el monitoreo de la calidad del agua.

El monitoreo de la calidad del agua y sobre todo del comportamiento de los peces, son cruciales para implementar la eficiencia de la acuicultura. Por lo tanto, en esta sección, se presenta el trabajo relacionado con los sistemas disponibles de monitoreo de la calidad del agua y algunas de las investigaciones realizadas sobre el monitoreo de los peces.

El sistema de medición remoto utilizando sensores ha sido una solución para el monitoreo de la calidad ambiental en plantas de acuicultura. J. Rocher, L. Parra, M. Taha y J. Lloret presentaron el diseño de una red de sensores para monitorizar una instalación acuícola. Esta red de sensores toma medidas de la turbidez y la temperatura del agua de todos los tanques de la instalación acuícola. El nodo empleado fue un Flyport que manda los datos a un servidor y cuenta con una serie de alarmas programadas. Por otra parte, se diseña una topología de red y física atendiendo a la estructura típica de las instalaciones de este sector. (Rocher, Parra, Taha, & Lloret, 2017)

Otro WSN basado en un sistema de monitoreo de instalaciones de acuicultura fue presentada por L.S Dulanto Ramos. El sistema fue capaz de leer los parámetros críticos como la temperatura, pH y nivel de agua en el tanque. Una vez tomados los datos, estos pasan a ser procesados y transmitidos en paquetes de datos hacia la red de área local (LAN). Después el sistema de monitoreo hace la función de un servidor web, encargado de atender las solicitudes de los usuarios en la red y proporcionarles la información que requieran sobre la Planta por medio de páginas Web. (Dulanto Ramos)

Debido a la necesidad de ejecutar controles de los parámetros del agua en piscifactorías, Lorena Parra desarrolló un sensor de bajo coste para detectar la salinidad del agua aplicada en instalaciones de piscifactoría. La herramienta desarrollada trataba de un sensor inductivo, el cual se basaba en la inducción de una bobina a partir de un campo magnético. Las pruebas realizadas incluyeron ensayos en agua salina estable, durante una hora tomando medidas cada 5 minutos, para posteriormente introducirlo en un entorno con peces vivos para verificar la seguridad de este en instalaciones reales. Huang Jianqing presentó

un sistema de monitoreo de la calidad del agua basado en WSN que recopilaba datos sobre pH, la temperatura del agua y el oxígeno disuelto. Por otra parte el sistema de monitoreo de la calidad del agua presentado por Daudi S. Simbeye midió el pH, el nivel del agua, la temperatura del agua y el oxígeno disuelto y empleó a ZigBee para enviar los datos.

1.3 OBJETIVOS

El principal objetivo del presente trabajo es la obtención de los sensores más útiles para el monitoreo de peces en instalaciones de piscifactoría, mediante la prueba o ensayos de diferentes tipos de sensores con las siguientes características:

- Coste barato (debido que en una instalación de estas dimensiones haría falta una gran cantidad de sensores, siendo el objetivo de reducir los costes lo máximo posible).
- Determinar sensores que aporten datos representativos con los cuales poder realizar predicciones sobre el comportamiento de los peces de las piscifactorías.
- Reducir la necesidad de mantenimiento (por lo tanto se trabajará con sensores físicos y no químicos por el incremento del mantenimiento en este último).
- Seleccionar sensores que no interfieran con el individuo (con la finalidad de no causar estrés alguno al pez).
- Incidir en sensores que no estén en contacto con el agua para interferir mínimamente en el entorno de los tanques y reducir gastos de mantenimiento.

Basándonos en lo mencionado anteriormente, los sensores más óptimos para este desempeño serían los ópticos. Estos sensores funcionan mediante la medición de la luz y sus diferentes longitudes de onda, siendo los más interesantes de estudiar los LDR (funcionan con las longitudes de onda visibles) y los sensores infrarrojos. Para alcanzar los objetivos anteriores y obtener un sensor óptico operativo para acuicultura se realizarán las siguientes pruebas:

- Inicialmente se realizaran pruebas con los dos sensores escogidos para este proyecto, que serán el LDR y el infrarrojo. Para ello se tomaran medidas de la intensidad lumínica recibida en cada dispositivo utilizando como artilugio una pecera por en donde se colocará un objeto con papel de plata y con una luz colocada encima de la pecera. Con esto se quieren obtener los siguientes datos:
 - Seleccionar mejor sensor según la respuesta lumínica obtenida.
 - Observar cambios en el patrón de intensidad lumínica colocando el objeto con papel de plata a distintas distancias.
- Una vez hayamos seleccionado el sensor óptimo se aumentará la toma de datos en la pecera a distintas distancias para verificar un correcto

funcionamiento de este, y con la finalidad de que este sea efectivo a la hora de detectar peces vivos.

- Una vez se hayan tomado los datos precedentes se dispondrá a realizar pruebas con una pez de verdad, para registrar los resultados obtenidos con individuos reales.

1.4 ESTRUCTURA

La estructura del resto de esta memoria se detalla a continuación. En la sección de materiales y métodos se realizará una revisión del material utilizado para llevar a cabo el experimento, junto a la descripción de los pasos a realizar a lo largo del proyecto, para ir obteniendo los datos necesarios.

Posteriormente, en el apartado, de resultados y discusiones, se presentan los datos obtenidos mediante la toma de medidas, y su análisis e interpretación.

Finalmente, en la sección de conclusiones, se valoraran los el cumplimiento de los objetivos del proyecto presentado, analizando las dificultades y ejecución realizada en el mismo.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se describirán los materiales utilizados a lo largo del experimento realizado. Asimismo, también se hará referencia a la metodología utilizada a lo largo del proyecto, explicando los pasos a seguir.

Para poder desarrollar los test, ha sido necesario el siguiente material de laboratorio:

- Multímetro digital.



Figura 4. Multímetro digital.

Se trata de una herramienta que mide entre otras muchas cosas, el voltaje, intensidad de corriente y la resistencia mediante la utilización de dos nodos, uno positivo y otro negativo. La resistencia de medida utilizada en las pruebas fue de 20 Ω .

Las especificaciones técnicas del dispositivo utilizado se muestran en la tabla 1:

Tabla 1. Especificaciones técnicas DB2000

Características	DB2000
Display	2000 cuentas
Rango Tensión Continua VCC	200mV / 2V / 20V / 200V / 600V
Rango Tensión Alterna VCA	2V / 20V / 200V / 600V
Rango Corriente Alterna CA	2mA / 20mA / 200mA / 10 A
Rango Corriente Continua	2mA / 20mA / 200mA / 10 A
Resistencia	200 Ω / 2k Ω / 20k Ω / 200k Ω / 2M Ω / 20 M Ω / 200M Ω
Capacitancia	2nF / 20nF / 200nF / 2 μ F / 100 μ F
Frecuencia	20kHz
Temperatura ($^{\circ}$ C/ $^{\circ}$ F)	-20 $^{\circ}$ C ~1000 $^{\circ}$ C (Tipo K)
Test Diodo y Continuidad	3V / < 50 Ω
Test Transistor hFE	SI
Alimentación	1 X 9V 6f22 (incluidas)
Dimensiones y Peso	188x93x50 mm 380gr

- Pecera.



Figura 5. Pecera utilizada en los ensayos realizados.

La pecera utilizada para este experimento posee unas medidas de 42cm x 20cm lo cual no se trata de una herramienta de gran tamaño con el que trabajar. Este artilugio se rellenó de agua hasta cubrir casi por completo el volumen de la pecera, dejando únicamente una capa de 3 cm de grosos sin agua.

- Probeta.



Figura 6. Probeta & probeta con papel de aluminio.

Se trata de una herramienta de medición utilizada en ámbito de laboratorio. En esta ocasión se ha envuelto la probeta con papel de aluminio para emular a un pez y de esta forma, poder obtener diferentes intensidades en la luz recibida en el sensor.

- Lámpara de luz blanca de pecera.



Figura 7. Iluminación de pecera.

La luz utilizada al principio del experimento se trató de una luz propia de peceras, el cual ilumina con una bombilla LED longitudinal de una parte de la pecera a la otra.

- Sensor LDR.

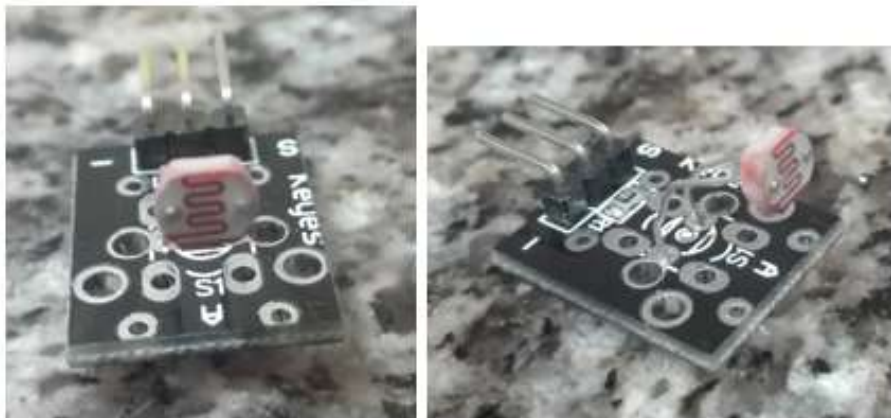


Figura 8. Sensor LDR soldado a una placa.

Un LDR es un resistor que varía su valor de resistencia eléctrica dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre él. Se le llama, también, fotorresistor o fotorresistencia. El valor de resistencia eléctrica de un LDR es bajo cuando hay luz incidiendo en él (en algunos casos puede descender a tan bajo como 50 ohms) y muy alto cuando está a oscuras (puede ser de varios megaohms).

- Sensor infrarrojo.



Figura 9. Sensor infrarrojo.

El sensor de infrarrojos es un sensor de medición de distancia, que se basa en un sistema de emisión/recepción de radiación lumínica en el espectro de los infrarrojos (menor que las ondas de radio y mayor que la luz).

- Pez (Dorada).



Figura 10. Dorada.

La utilización de la dorada como pez en la prueba, viene dado por su lomo plateado, que es perfecto para el experimento a realizar. Esta parte de la anatomía de este pez, refleja luz, proporcionando cambios en la intensidad de la misma. De esta manera se puede obtener un patrón de cambio en el movimiento de estos individuos.

- Papel de aluminio.



Figura 11. Papel de aluminio utilizado como parte del experimento.

Se utilizó el papel de aluminio para envolver la probeta y de este modo simular el lomo plateado de un pez, en este caso una dorada. Este material, causa cambios de señal lumínica en el sensor, aportando datos relevantes sobre el posicionamiento espacial del objeto.

Los sensores utilizados inicialmente en la prueba se tratan de un sensor LDR y de infrarrojo. Las características de cada uno de los prototipos se detallan en cada caso.

Inicialmente se llenó la pecera de agua hasta el borde superior. Posteriormente se realizaron marcas de numeraciones en el cristal del artilugio para señalar las posiciones de toma de medidas, donde estas tuviesen una distancia equitativa entre ellas. En el trazo horizontal se colocaron tres marcas de medida que fueron de la A a la C y en la verticales del 1 al 3.

Una vez obtenidos estos datos, se amplió la cantidad de marcas en la pecera para tomar una mayor cantidad de datos.



Figura 12. Pecera utilizada en el experimento.

En la *figura 12* se observa la pecera en donde se colocaron los puntos de medida, utilizando letras para el trazado horizontal y número en el vertical. Asimismo, se realizó el mismo patrón en el lateral de la pecera, utilizando letras del A a la C y una numeración en vertical del 1 al 4. Esta segunda línea de marcas se colocaron para tomar datos desde un lateral al otro de la pecera debido a que esta sección era más profunda y aportaría datos de mayor relevancia.

Una vez realizado la tarea anteriormente mencionada, se colocó en el interior de la pecera la probeta envuelta en papel de aluminio. Posteriormente, se comenzaron a tomar medidas. Inicialmente se tomaron las medidas con el sensor LDR y posteriormente con el sensor de infrarrojos.

Para ello, se utilizó un multímetro digital “DB2000”. Con la ayuda de este artilugio, se tomó una medida en cada punto señalado. Para medir el voltaje se utilizó en los dos casos una unidad de medida ajustada en la herramienta de medición de unos 20 k Ω .



Figura 13. Toma de medidas

En la *figura 13*, se representa la forma de tomar los datos utilizando los sensores y el multímetro como herramientas principales de la acción. Como se puede observar, el multímetro posee dos “pinchos”, los cuales se corresponden con la carga negativa y positiva. Cuando estos dos polos se colocan en contacto con

las partes de su signo en el sensor, la corriente producida se muestra como una representación numérica.

Después de realizar este ensayo se continuó con la segunda ronda, donde se utilizó el sensor LDR. En esta ocasión se tomaron tres medidas por cada punto marcado al principio del experimento, para obtener una mayor calidad de los datos y de esta manera poder sacar una media de los datos muestreados. Además se cambió la luz empleada, utilizando una luz más homogénea en toda la pecera, para observar el cambio de señal conseguida con esta reestructuración de aporte lumínico.

Finalmente se utilizó un individuo de dorada, para recrear con mayor exactitud el funcionamiento del sensor LDR con un animal de verdad. Para ello se introdujo la dorada en la pecera, y se observó el cambio de la señal medida con el multímetro durante 15 segundos. Esto se repitió 3 veces para poder contrastar los datos entre ellos.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los datos obtenidos mediante la utilización de este método, se fueron gestionando mediante tablas los resultados obtenidos, diferenciando, por una parte, los puntos en el trazado horizontal de la pecera con el punto vertical de la misma. También se incluye en esta tabla, las unidades a las que se programó el multímetro a la hora de tomar los datos.

En el análisis realizado sobre los datos, se diferencian 3 fases: Datos iniciales tomados mediante los sensores LDR e infrarrojo, con una luz de pecera; información obtenida de la medición mediante LDR utilizando una luz homogénea en toda la pecera; la utilización de un individuo de dorada para obtener datos de mayor relevancia.

3.1 Fases del experimento

3.1.1 Datos iniciales de los sensores LDR e Infrarrojo

Para dar comienzo al experimento, se tomaron datos con dos sensores de características muy diferentes. Mediante esta acción se quiso obtener los resultados más óptimos que revelasen cuál de los sensores era el más adecuado para tomar medidas en estas condiciones.

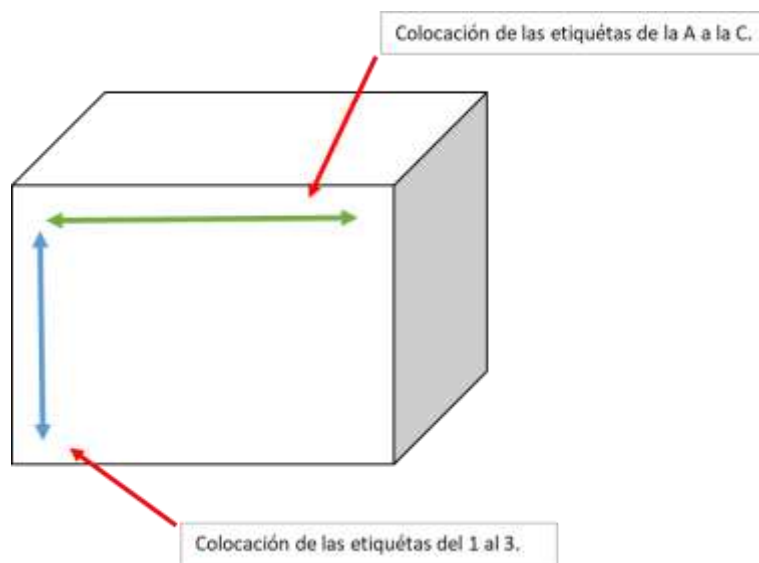


Figura 14. Figura orientativa de la sección de toma de datos.

En la *figura 14* se representa una de las secciones donde se tomaron las medidas mediante la utilización de los dos sensores previamente mencionados y con la utilización del multímetro digital para poder convertir la energía obtenida en datos numéricos fácilmente interpretables.

Como se puede observar, la línea de color “verde” indica la zona de colocación de marcadores que fueron desde la letra A a la C, separados entre ellos equitativamente. Asimismo, la línea de color “azul” representa el lugar donde se colocaron las etiquetas numéricas, del 1 al 3, donde se tomaron los datos en la vertical de la pecera utilizada.

Por otra parte, el objeto utilizado en esta parte del experimento, se colocó a tres distancias diferentes, paralelas al trazo que siguió la toma de datos. Estas distancias se comprendieron en 5cm, 10cm y 15cm.

Los mostrados a continuación se representan con las medidas conseguidas en la sección anteriormente mencionada.

Datos obtenidos con el sensor LDR

Tabla 2. Datos iniciales obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k.

UNIDAD	A(k Ω)	B(k Ω)	C(k Ω)
PUNTO 1 (5cm)	9,51	10,10	10,10
PUNTO 1 (10cm)	9,63	10,07	10,07
PUNTO 1 (15cm)	9,64	10,04	10,04
PUNTO 2 (5cm)	8,95	9,51	10,15
PUNTO 2 (10cm)	8,89	9,58	10,19
PUNTO 2 (15cm)	8,84	9,62	10,22
PUNTO 3 (5cm)	9,68	10,87	11,24
PUNTO 3 (10cm)	9,70	10,92	11,38
PUNTO 3 (15cm)	9,69	10,96	11,32

En la Tabla 1, se muestran los datos obtenidos en la sección horizontal de la pecera, mediante el sensor LDR. En esta primera prueba se tomó una medida por cada punto y distancia del objeto utilizado en el experimento. Esto se debe a que estas primeras medidas fueron para observar la correcta aptitud del dispositivo para este proyecto.

Como es visible, los datos numéricos obtenidos varían según en qué zona de la pecera se tomen y a la distancia que se encuentra la probeta que se colocó envuelto junto al papel de aluminio.

En la *figura 15*, se representan los resultados gráficos obtenidos en los tres puntos de toma de datos de la pecera. Como se puede apreciar, en todos se muestra una variación de los datos siendo el más notorio en los puntos 2, a diferentes distancias del objeto utilizado.

Por otra parte, la *figura 16* muestra las desigualdades de los datos conseguidos en los tres puntos, corroborando la teoría de que el cambio más significativo se encuentra alrededor del punto 2. Esto es una prueba de que el sensor LDR muestra buenas aptitudes como herramienta para detectar cambio en la intensidad de lumínica, producida por un pez (en este caso un objeto con papel de aluminio) a distintas distancias.

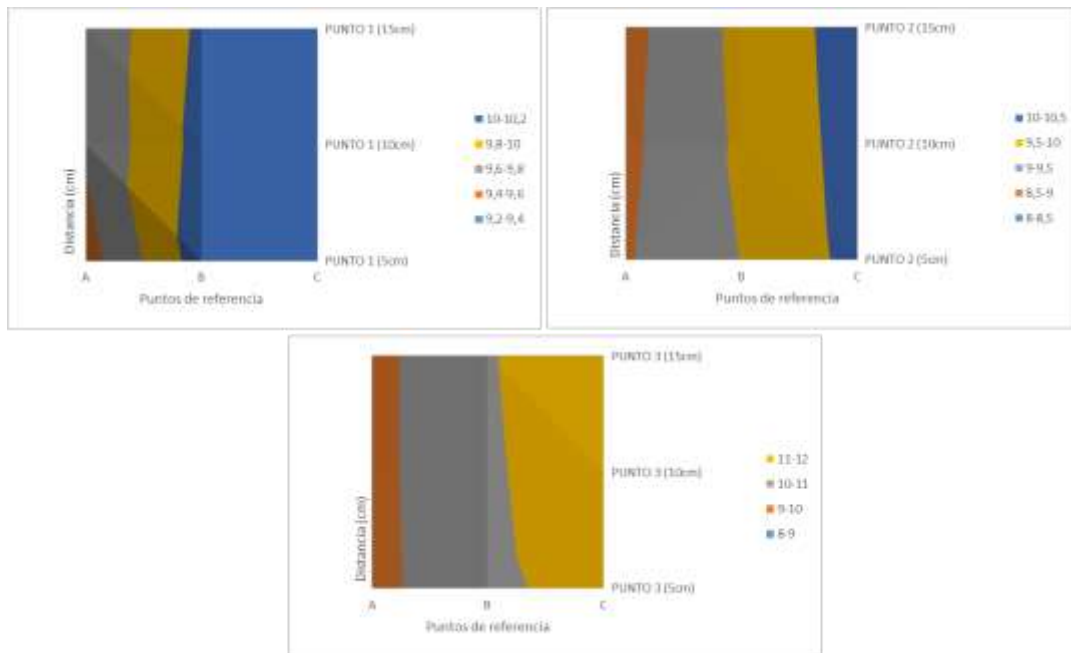


Figura 15. Resultados gráficos de los puntos 1,2 y 3 de medida mediante el sensor LDR.

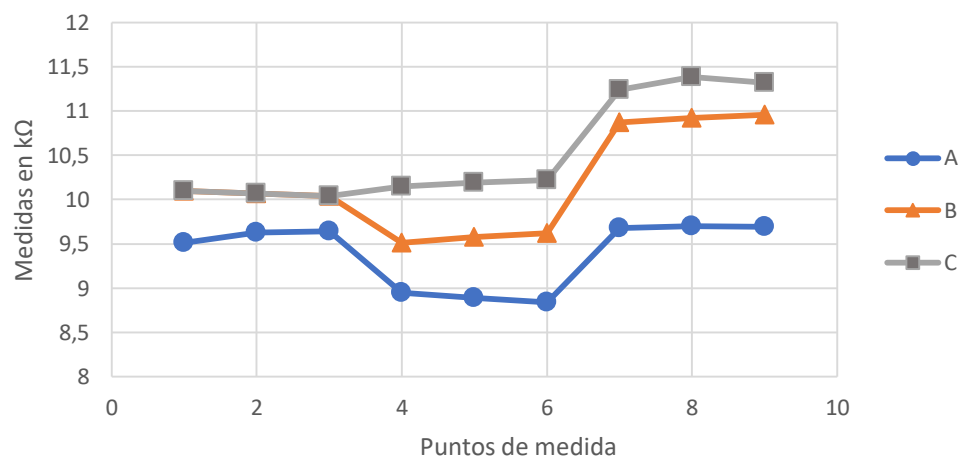


Figura 16. Comparación entre punto A, B, C (Sensor LDR).

Datos obtenidos con el sensor Infrarrojo

Una vez realizado la toma de datos con el dispositivo LDR, se prosiguió a ejecutar la misma acción pero en esta ocasión con el sensor infrarrojo, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3. Datos obtenidos mediante el sensor infrarrojo.

UNIDAD	A(k Ω)	B(k Ω)	C(k Ω)
PUNTO 1 (5cm)	14,56	14,70	14,66
PUNTO 1 (10cm)	14,58	14,63	14,65
PUNTO 1 (15cm)	14,54	14,61	14,61
PUNTO 2 (5cm)	14,63	14,73	14,59
PUNTO 2 (10cm)	14,58	14,63	14,53
PUNTO 2 (15cm)	14,59	14,58	14,52
PUNTO 3 (5cm)	14,69	14,67	14,78
PUNTO 3 (10cm)	14,73	14,65	14,80
PUNTO 3 (15cm)	14,64	14,70	14,82

Los datos obtenidos con la medición del sensor infrarrojo, se muestran en la tabla 3 previamente expuesta. En esta, de la misma forma que en el caso del dispositivo LDR, se pueden observar los datos numéricos obtenidos en la medición horizontal de la pecera. Con la finalidad de poder diferenciar de mejor manera las variaciones, a continuación se muestra la expresión gráfica de dichos datos:

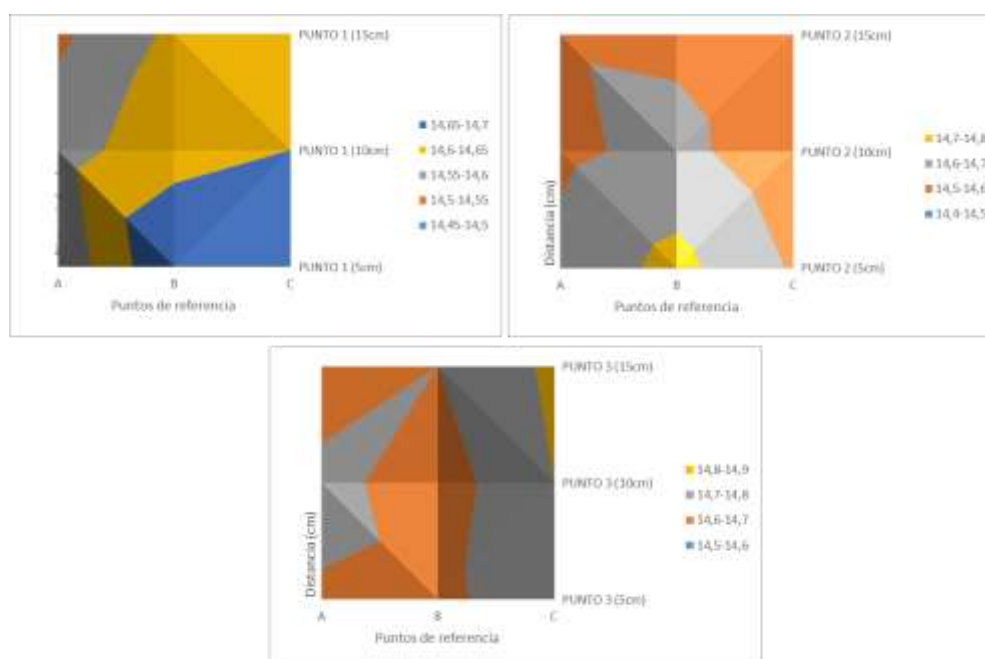


Figura 17. Resultados gráficos de los puntos 1, 2 y 3 de medida mediante el sensor Infrarrojo.

En la figura 17, se muestran visualmente las variaciones de los datos obtenidos en los puntos A, B y C de medida mediante la utilización del sensor Infrarrojo.

Como se puede observar la escala de medida varía entre los 14 y los 15 kΩ, siendo la perturbación de los datos mínima, ofreciendo poca información del entorno.

Con la finalidad de verificar este echo previamente mencionado, se creó una gráfica adicional, donde convergen las medidas tomadas en los puntos A, B y C, y de esta manera poder valorar con mayor exactitud los resultados obtenidos, en esta parte del proyecto.

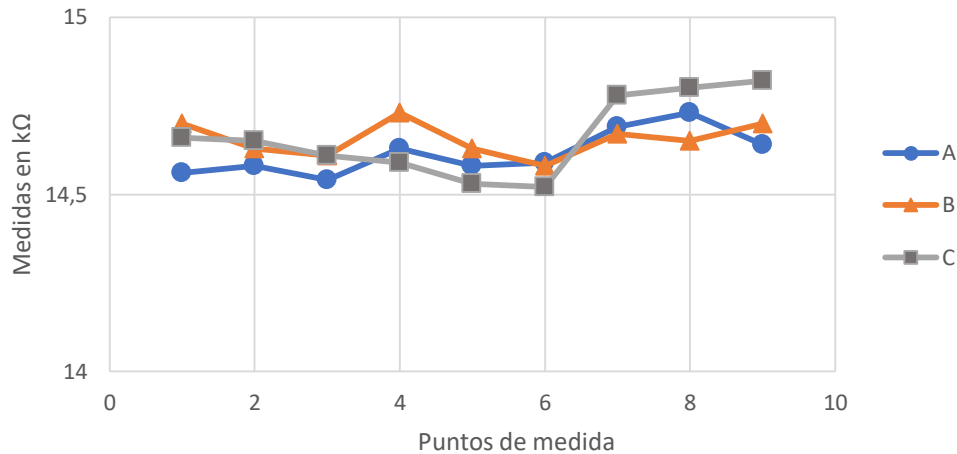


Figura 18. Comparación entre punto A, B, C (Sensor Infrarrojo).

En la *figura 18* se muestran los datos obtenidos con el sensor infrarrojo. Se puede observar que las señales conseguidas, no poseen una variación significativa por lo cual no hay cambios apreciables en la señal lumínica cuando un pez (en este caso un objeto) transcurre frente al sensor.

Mediante las pruebas previamente mencionadas, se decidió desestimar el uso de este dispositivo debido a su falta de eficacia en este ámbito, dejando como único candidato al sensor LDR, que a diferencia de su semejante, este trabaja con longitudes de onda visibles.

3.1.2 Mediciones con el sensor LDR con luz de pecera

Una vez descartado el sensor infrarrojo, se tomaron medidas con el LDR. Esta vez, sin embargo, se decidió modificar un poco el experimento tomando medidas desde la parte lateral de la pecera (*Figura 14*), el cual proporcionaba una mayor posibilidad de trabajar con distancias mayores y obtener datos más relevantes. Cabe destacar que en este punto del experimento los puntos de media a tomar en la sección horizontal, se duplicaron, yendo desde la A a la F. Asimismo, en el lateral de la pecera y por falta de espacio solo se pudieron tomar datos de tres puntos aunque esto se compenso añadiendo una distancia más al objeto utilizado en estudio.

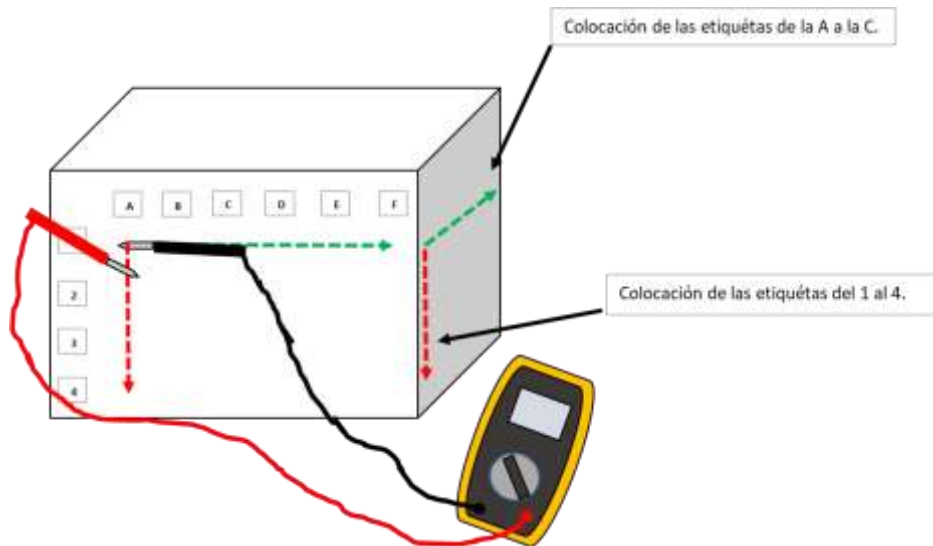


Figura 19. Figura orientativa de la sección horizontal y lateral de toma de datos.

Los resultados obtenidos en la sección horizontal de la pecera se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4. Datos obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k.

	A(k Ω)	B(k Ω)	C(k Ω)	D(k Ω)	E(k Ω)	F(k Ω)
PUNTO 1 (5cm)	15,74	16,37	13,38	12,45	14,71	14,33
PUNTO 1 (10cm)	13,53	17,52	16,32	10,68	15,52	18,77
PUNTO 1 (15cm)	13,02	14,24	13,17	12,52	11,32	14,51
PUNTO 2 (5cm)	15,53	12,39	11,42	11,12	12,48	14,12
PUNTO 2 (10cm)	12,18	16,21	15,57	11,53	19,31	19,08
PUNTO 2 (15cm)	11,68	12,34	11,37	12,28	11,04	14,21
PUNTO 3 (5cm)	14,82	11,06	13,68	13,02	13,02	13,06
PUNTO 3 (10cm)	10,17	14,05	13,62	10,49	15,48	16,47
PUNTO 3 (15cm)	10,91	11,54	10,82	11,39	10,08	11,68
PUNTO 4 (5cm)	10,05	8,68	7,51	7,26	7,23	8,64
PUNTO 4 (10cm)	8,21	10,97	11,47	8,43	12,83	12,82
PUNTO 4 (15cm)	8,9	11,08	10,72	11,21	9,79	10,02

En la *tabla 4* se representan los datos obtenidos mediante el sensor LDR en la sección horizontal de la pecera. Como se puede observar, los datos fluctúan

desde aproximadamente los 10kΩ a hasta los 19,3kΩ mostrando un gran cambio en los datos.

Una vez obtenida la tabla de datos, este se tradujo en forma de gráficas en las cuales se pudo apreciar con mayor exactitud estas variaciones de los resultados y realizar una interpretación más óptima.

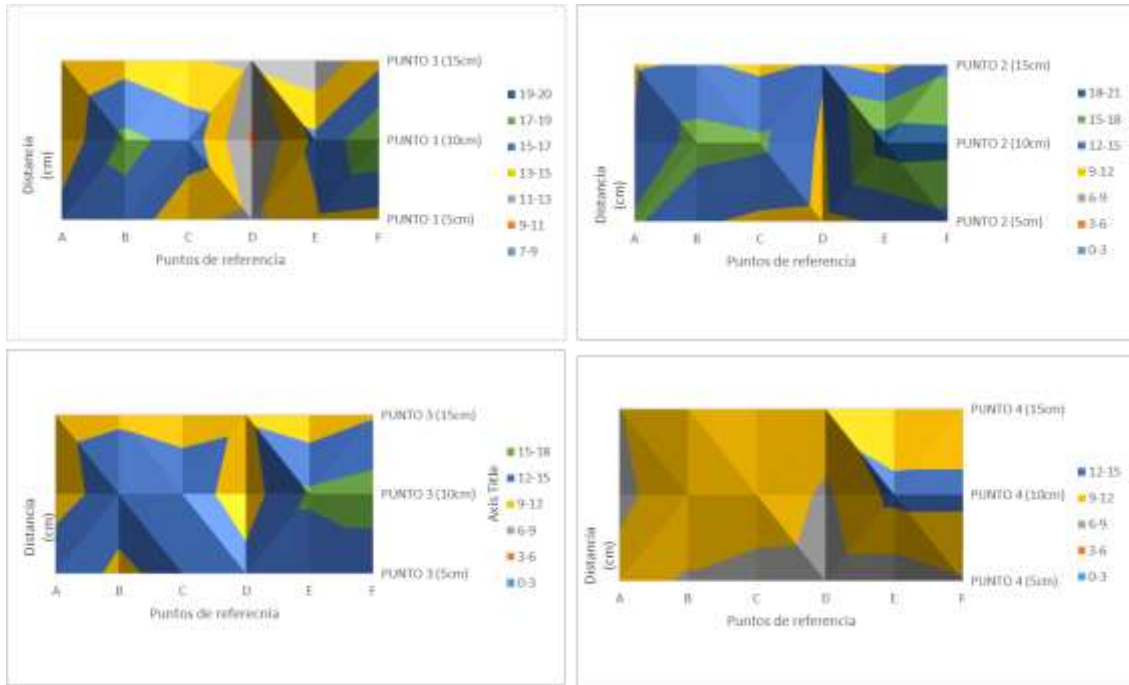


Figura 20. Resultados gráficos de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la F.

Las variaciones sufridas en esta medición de los datos son visibles en la *figura 20*, en donde se representan los resultados obtenidos en cada punto de la sección horizontal.

Se puede observar que los datos fluctúan bruscamente sin trazar un patrón estable. Para conseguir unos resultados óptimos a medida que el objeto fuese alejándose del sensor LDR, la señal obtenida tendría que ir disminuyendo, hasta llegar a un punto sin apenas señal. Por lo contrario en la mayoría de los puntos al 5cm de distancia la señal es menor que a 10cm y finalmente vuelve a descender a los 15cm, provocando la aparición de grandes picos en los resultados obtenidos (Figura 20 y 21).

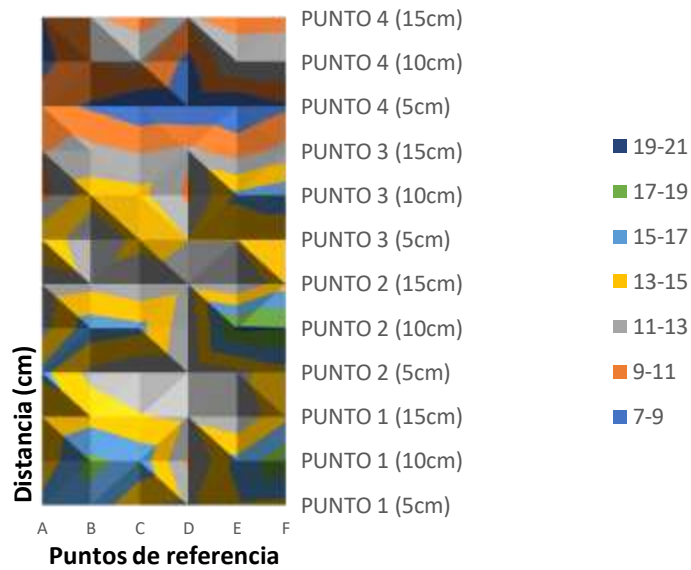


Figura 21. Resultado gráfico de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la F (Vista 3D)

Después de analizar los resultados obtenidos, se prosiguió a tomar los datos por la parte lateral del tanque (Figura 21). En esta ocasión el objeto utilizado para simular la presencia de un pez, se colocó a cuatro distancias diferentes, siendo estos a 9cm, 17cm, 26cm y 37 cm respectivamente. Esto ayudó a poner a prueba la distancia a la que el sensor es capaz de percibir una variación en la intensidad lumínica y de esta manera poder detectar movimientos por ejemplo de un pez como la dorada.

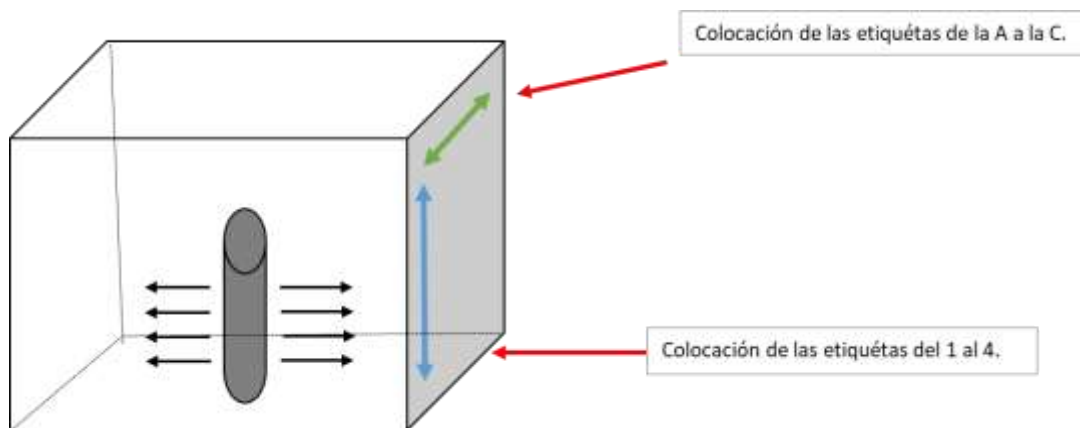


Figura 22. Figura orientativa de la sección lateral de toma de datos.

A continuación, los datos obtenidos con la ayuda del multímetro digital, se representaron mediante una tabla.

Tabla 5. Datos obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k.

	A(k Ω)	B(k Ω)	C(k Ω)
PUNTO 1 (9cm)	10,85	10.85	13.58
PUNTO 1 (17cm)	9,87	9.87	9.59
PUNTO 1 (26cm)	10,83	7.10	13.58
PUNTO 1 (37cm)	10,22	7.10	9.04
PUNTO 2 (9cm)	12,95	12.95	12.39
PUNTO 2 (17cm)	9,15	8.80	8.81
PUNTO 2 (26cm)	10,35	7.60	12.39
PUNTO 2 (37cm)	10,82	7.75	9.64
PUNTO 3 (9cm)	10,54	10.54	11.37
PUNTO 3 (17cm)	7,96	9.43	8.94
PUNTO 3 (26cm)	9,61	8.46	11.37
PUNTO 3 (37cm)	10,68	7.61	9.57
PUNTO 4 (9cm)	9,14	9.14	9.73
PUNTO 4 (17cm)	7,62	9.82	9.52
PUNTO 4 (26cm)	9,62	8.48	9.73
PUNTO 4 (37cm)	10,47	8.44	10.73

La *tabla 5*, previamente mostrada, representa los datos tomados desde el lateral del tanque utilizado. Como se puede observar, las distancias han aumentado respectivamente con las utilizadas en la sección horizontal, esto es debido a que se ha querido comprobar el alcance del sensor utilizado.

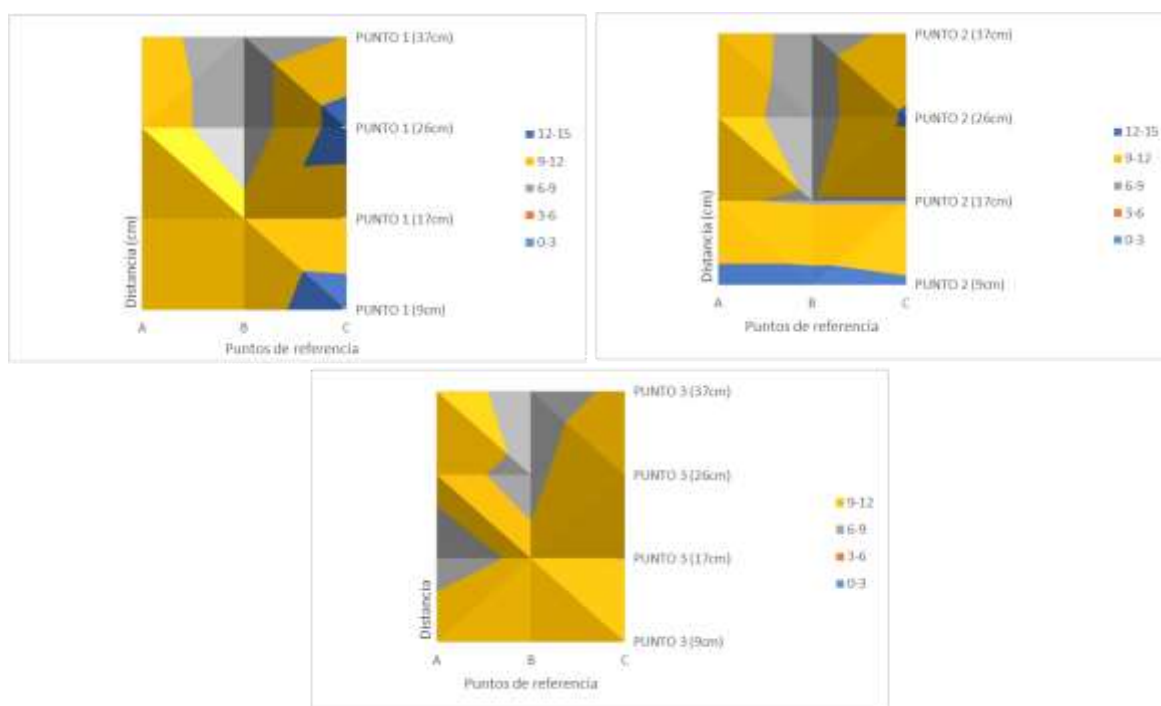


Figura 23. Resultados gráficos de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la C en la sección lateral.

En la *figura 23*, se muestra una gran fluctuación de los datos, siendo los resultados de las mediciones del punto A los más regulares. Los picos se relacionan directamente con un aumento y descenso de la señal recibida por el sensor LDR, siendo teóricamente máximas cuando un objeto interrumpe la luz que llega a este y mínimas cuando llega una cantidad mayor de luminosidad.

Con la finalidad de obtener una comparación más fácil de interpretar realizó la *Gráfica 8*, donde se recogen todos los datos anteriormente mostrados.

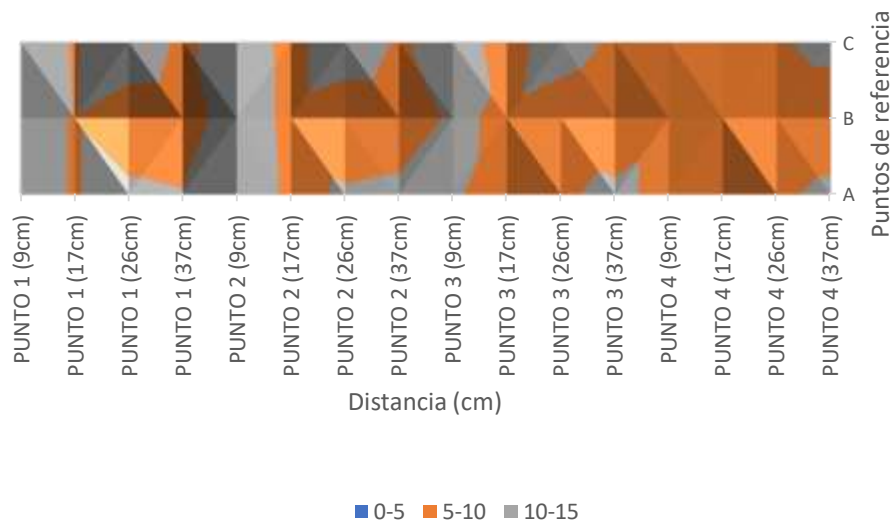


Figura 24. Resultado gráfico de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la C (Vista 3D)

Finalmente, y una vez terminado la toma de medidas en ambas secciones del tanque utilizado, se analizaron los datos obtenidos. En las dos partes de la pecera, se dio el mismo fenómeno, el cual trataba que al principio cuando el objeto estaba cerca del sensor la señal es alta, pero al tomar las medidas intermedias entre el más cercano y el más lejano, se observaron incrementos altísimos en estas en la señal, usualmente mayores que cuando el objeto estaba cerca del LDR. Este fenómeno fue causante de las fluctuaciones en forma de pico representadas en ambas gráficas.

Debido a los resultados obtenidos, se decidió volver a tomar las medidas, en este caso, modificando la fuente de luz y colocando la pecera bajo una lámpara que irradiase luz homogéneamente en toda la superficie del tanque. Asimismo, se incrementó la cuantía de toma de datos, cogiendo tres veces las medidas en cada punto para de esta forma conseguir resultados más significativos.

3.1.3 Mediciones con el sensor LDR con luz externa homogénea.

En esta ocasión, el volumen de datos incremento de forma significativa, debido a la decisión de triplicar los datos recolectados en cada punto.

Una vez realizado esta acción los resultados se plasmaron en la siguiente tabla:

Tabla 6. Datos obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k en la sección horizontal de la pecera.

UNIDAD (k Ω)	A(k Ω)	B(k Ω)	C(k Ω)	D(k Ω)	E(k Ω)	F(k Ω)
PUNTO1(5cm)	13,29	13,48	13,48	13,73	14,86	15,01
PUNTO1(5cm)	13,57	13,22	13,22	13,85	14,94	15,19
PUNTO1(5cm)	13,66	13,59	13,59	14,18	14,74	14,94
PUNTO1(10cm)	11,06	12,15	12,15	11,94	12,63	12,64
PUNTO1(10cm)	11,21	12,13	12,13	12,06	12,48	12,67
PUNTO1(10cm)	11,48	11,52	11,52	11,98	12,68	13,23
PUNTO1(15cm)	10,82	11,2	11,12	11,14	11,09	10,76
PUNTO1(15cm)	10,76	11,51	10,98	11,04	11,81	11,17
PUNTO1(15cm)	10,69	11,28	10,72	10,92	11,78	11,21
PUNTO2(5cm)	12,79	13,85	12,88	13,56	13,98	14,06
PUNTO2(5cm)	12,91	13,78	13,01	13,48	14,18	14,5
PUNTO2(5cm)	13,55	13,48	12,91	13,47	13,92	14,55
PUNTO2(10cm)	11,92	11,86	11,46	11,78	12,32	12,02
PUNTO2(10cm)	12,05	11,98	11,39	11,66	12,34	12,14
PUNTO2(10cm)	12,14	11,97	11,58	11,72	12,29	12,5
PUNTO2(15cm)	10,88	11,16	10,61	11,02	11,18	11,04
PUNTO2(15cm)	10,93	11,04	10,81	10,62	11,14	10,83
PUNTO2(15cm)	11,03	11,21	10,83	10,88	11,32	11,09

Tabla 7. Datos obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k en la sección horizontal de la pecera.

UNIDAD (k Ω)	A(k Ω)	B(k Ω)	C(k Ω)	D(k Ω)	E(k Ω)	F(k Ω)
PUNTO3(5cm)	14,13	13,87	3,98	13,93	14,85	14,19
PUNTO3(5cm)	14,48	14,02	14,01	14,82	14,64	14,23
PUNTO3(5cm)	13,87	14,24	13,78	14,33	14,98	14,43
PUNTO3(10cm)	12,12	11,96	11,81	12,18	12,11	13,01
PUNTO3(10cm)	11,87	12	11,98	12,01	12,48	12,92
PUNTO3(10cm)	12,02	12,04	11,95	11,58	12,53	12,3
PUNTO3(15cm)	10,27	11,07	10,81	11,04	11,28	10,82
PUNTO3(15cm)	11,00	11,01	10,86	11,07	10,98	10,67
PUNTO3(15cm)	11,23	10,94	10,91	10,98	11,05	10,96
PUNTO4(5cm)	14,82	14,29	13,75	15,22	15,35	14,68
PUNTO4(5cm)	15,25	14,72	13,81	15,2	15,41	15,43
PUNTO4(5cm)	14,52	14,89	13,64	14,98	15,56	14,67
PUNTO4(10cm)	11,17	11,98	12,32	12,02	11,82	11,27
PUNTO4(10cm)	11,28	11,73	12,34	12,16	11,95	11,88
PUNTO4(10cm)	11,44	11,54	12,24	12,36	12,35	11,91
PUNTO4(15cm)	10,14	10,65	10,53	10,56	10,94	10,45
PUNTO4(15cm)	10,39	10,68	10,58	10,74	10,85	10,61
PUNTO4(15cm)	10,66	10,73	10,46	10,89	11,08	10,62

La *tabla 6 y 7* muestra todos los datos obtenidos en esta fase del proyecto. Para continuar, se realizó la media de los tres datos tomados en cada punto, para obtener la información con el cual trabajar (Tabla 6).

Tabla 8. Media de datos tomados con el sensor LDR a 20k en la sección horizontal.

UNIDAD	A(k Ω)	B(k Ω)	C(k Ω)	D(k Ω)	E(k Ω)	F(k Ω)
PUNTO1(5cm)	13,50	13,43	13,43	13,92	14,85	15,05
PUNTO1(10cm)	11,25	11,93	11,93	11,99	12,60	12,85
PUNTO1(15cm)	10,76	11,33	10,94	11,03	11,56	11,05
PUNTO2(5cm)	13,08	13,70	12,93	13,50	14,03	14,37
PUNTO2(10cm)	12,07	11,94	11,48	10,84	12,32	12,22
PUNTO2(15cm)	10,95	11,14	10,75	10,84	11,21	10,99
PUNTO3(5cm)	14,16	14,04	10,59	14,36	14,82	14,28
PUNTO3(10cm)	12,00	12,00	11,91	11,92	12,37	12,74
PUNTO3(15cm)	10,83	11,00	10,86	11,03	11,10	10,82
PUNTO4(5cm)	14,86	14,63	13,73	15,13	15,44	14,93
PUNTO4(10cm)	11,30	11,75	12,30	12,18	12,04	11,69
PUNTO4(15cm)	10,40	10,69	10,52	10,73	10,96	10,56

Los datos obtenidos muestran un comportamiento aparentemente óptimo debido a que la intensidad lumínica se reduce a medida que el objeto se posiciona más lejos del sensor LDR. Para poder analizar mejor estos resultados, se presentaron estos datos mediante gráficas.

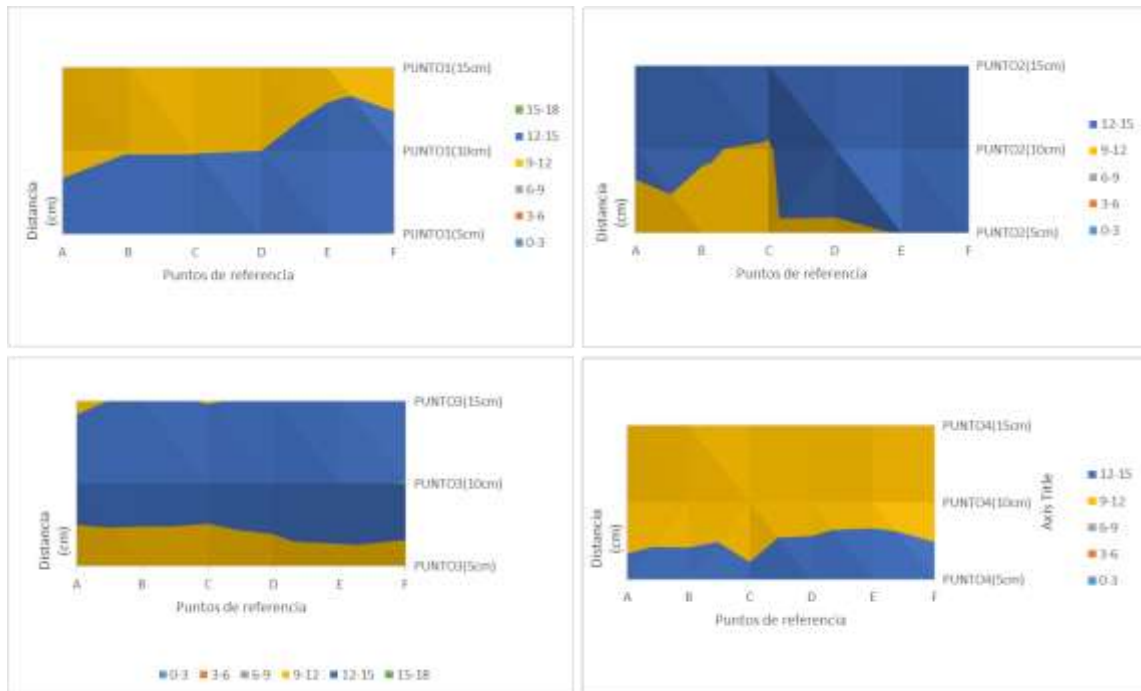


Figura 25. Resultados gráficos de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la F. (Luz homogénea)

En la *figura 25*, se representan las 6 mediciones de forma visual y fácilmente interpretables. Como se puede observar, en las 6 columnas de toma de datos, se manifiesta un patrón similar. Este patrón se representa mediante picos donde aumenta la señal y posteriormente desciende repentinamente. Estos incrementos de la señal coinciden cuando el objeto se encuentra en el punto más cercano al sensor LDR, por lo contrario la señal más débil se recibe en el punto más lejano.

Se puede ver, en todas las gráficas de cada punto de toma de medida posee un patrón similar. Para poder diferenciar las variaciones entre las columnas con mayor exactitud, se ejecutó una misma gráfica, donde se muestran todos los datos en un mismo lugar.

La *figura 26*, muestra que los datos conseguidos en cada columna, presentan una gran similitud, con los errores metódicos mínimos.

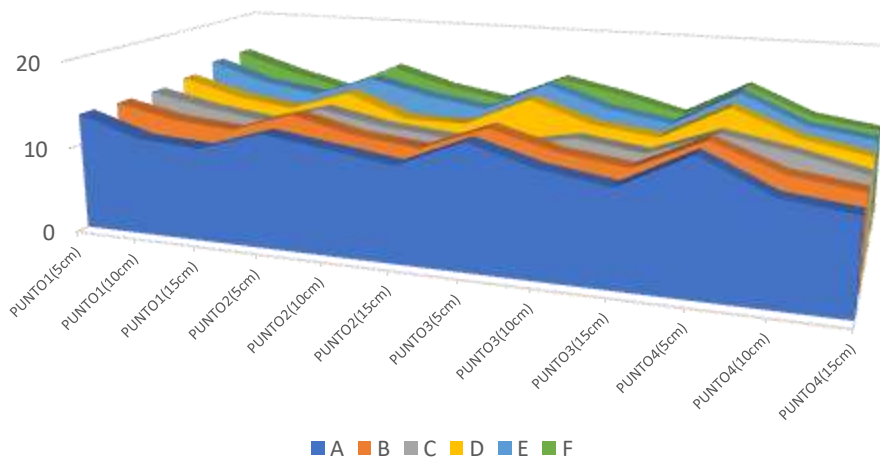


Figura 26. Resultados gráficos de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la F. (Luz homogénea)

Los resultados previamente mostrados en caminan al sensor LDR como una de las mejores opciones como dispositivo para monitorear peces en las piscifactorías, debido a su sencillez, facilidad de uso y ser muy económico.

Después de analizar los datos obtenidos en la sección horizontal del tanque, se prosiguió con el análisis de los resultados de la cara lateral de la pecera. Para ello se obtuvo la información mediante la misma forma que en la parte horizontal y se creó una tabla el cual contenía todos los datos recolectados.

Después y con la finalidad de demostrar que los datos obtenidos no son diferentes debido a la aleatoriedad, se realizó un ensayo ANOVA, con las medidas recogidas en el punto 1 de la posición A.

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
PUNTO 1(5cm)	3	40,52	13,50667	0,037233
PUNTO 1(10cm)	3	33,75	11,25	0,0453
PUNTO 1(15cm)	3	32,27	10,75667	0,004233

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	12,89842	2	6,449211	222,9846	2,34E-06	5,143253
Within Groups	0,173533	6	0,028922			
Total	13,07196	8				

Figura 27. Ensayo ANOVA punto 1 del A.

En la *figura 27* se representa un ensayo ANOVA para verificar la calidad de los datos y que estos son diferentes debido a la distancia utilizada. Como se puede observar, la F de Fisher resulta ser mucho mayor que la F crítica, lo cual afirma que los datos son distintos.

La *tabla 9*, muestra todos los datos obtenidos en la sección lateral del tanque utilizado. Al igual que en la parte horizontal, se tomaron tres medidas en cada punto para poder obtener unos datos más fiables y significativos. Asimismo, en esta ocasión el objeto se colocó a cuatro distancias diferentes al contrario que anteriormente, que debido al espacio se puso a tres distancias.

En esta fase del experimento, se cambió la luz utilizada por una más homogénea que iluminaba toda la pecera, aportando la misma intensidad lumínica en todas las partes de la misma, sin causar desajustes en la luminosidad.

Tabla 9. Datos obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k en la sección lateral de la pecera (Sección 1).

UNIDAD (k Ω)	A	B	C
PUNTO1(9cm)	14,26	13,68	13,82
PUNTO1(9cm)	14,18	13,75	13,71
PUNTO1(9cm)	14,13	13,92	13,81
PUNTO1(17cm)	13,25	12,68	12,68
PUNTO1(17cm)	13,16	12,81	12,71
PUNTO1(17cm)	13,24	12,72	12,81
PUNTO1(26cm)	12,8	12,16	12,21
PUNTO1(26cm)	12,58	12,21	12,26
PUNTO1(26cm)	12,66	12,18	12,24
PUNTO1(37cm)	12,13	11,82	11,92
PUNTO1(37cm)	11,97	11,71	11,88
PUNTO1(37cm)	11,98	11,76	11,78
PUNTO2(9cm)	13,93	14,09	13,98
PUNTO2(9cm)	13,98	14,02	13,82
PUNTO2(9cm)	14,04	13,98	13,91
PUNTO2(17cm)	13,02	12,37	13,02
PUNTO2(17cm)	12,92	12,54	12,92
PUNTO2(17cm)	12,96	12,56	12,96
PUNTO2(26cm)	12,64	11,82	12,02
PUNTO2(26cm)	12,66	11,67	11,82
PUNTO2(26cm)	12,75	11,74	11,94
PUNTO2(37cm)	12,06	11,42	11,38
PUNTO2(37cm)	12,13	11,58	11,24
PUNTO2(37cm)	12,08	11,51	11,26

Tabla 10. Datos obtenidos mediante la utilización del sensor LDR a 20k en la sección lateral de la pecera (Sección 2).

UNIDAD (k Ω)	A	B	C
PUNTO3(9cm)	14,21	13,92	13,96
PUNTO3(9cm)	13,91	13,93	14,09
PUNTO3(9cm)	13,94	13,94	14,02
PUNTO3(17cm)	12,86	12,74	12,82
PUNTO3(17cm)	12,81	12,68	12,64
PUNTO3(17cm)	12,68	12,71	12,58
PUNTO3(26cm)	12,32	12,42	12,44
PUNTO3(26cm)	12,48	12,44	12,38
PUNTO3(26cm)	12,37	12,36	12,41
PUNTO3(37cm)	11,86	11,92	11,99
PUNTO3(37cm)	11,96	11,87	12,06
PUNTO3(37cm)	11,88	11,96	12,04
PUNTO4(9cm)	13,97	14,02	14,08
PUNTO4(9cm)	13,35	14,06	13,98
PUNTO4(9cm)	13,53	13,98	14,01
PUNTO4(17cm)	12,48	12,67	13,04
PUNTO4(17cm)	12,72	12,72	13,08
PUNTO4(17cm)	12,37	12,61	12,97
PUNTO4(26cm)	12,14	12,08	12,62
PUNTO4(26cm)	12,06	12,21	12,58
PUNTO4(26cm)	12,11	12,32	12,49
PUNTO4(37cm)	11,96	11,82	11,98
PUNTO4(37cm)	11,75	11,78	12,06
PUNTO4(37cm)	11,91	11,84	11,92

Una vez recolectado los datos, se realizó la media de cada uno, para obtener los resultados definitivos de cada punto de muestreo. A continuación, dichos datos se plasmaron en una tabla.

Las medias posteriormente mencionadas vienen representadas en la *tabla 11*. Como se puede ver en estos resultados, los datos tienden a ser mayores en las distancias cortas e ir disminuyendo a medida que esta aumenta.

Tabla 11. Media de datos tomados con el sensor LDR a 20k en la sección lateral.

	A	B	C
PUNTO1(9cm)	14,19	13,78	13,78
PUNTO1(17cm)	13,22	12,74	12,73
PUNTO1(26cm)	12,68	12,18	12,24
PUNTO1(37cm)	12,03	11,76	11,86
PUNTO2(9cm)	13,98	14,03	13,90
PUNTO2(17cm)	12,97	11,74	11,93
PUNTO2(26cm)	12,68	11,74	11,93
PUNTO2(37cm)	12,09	11,50	11,29
PUNTO3(9cm)	14,02	13,93	14,02
PUNTO3(17cm)	12,78	12,71	12,68
PUNTO3(26cm)	12,39	12,41	12,41
PUNTO3(37cm)	11,90	11,90	12,03
PUNTO4(9cm)	13,62	14,02	14,02
PUNTO4(17cm)	12,52	12,67	13,03
PUNTO4(26cm)	12,10	12,20	12,56
PUNTO4(37cm)	11,87	11,81	11,99

A continuación se representó gráficamente los datos de la tabla anterior mediante gráficas para poder analizar mejor los resultados obtenidos y valorar si en esta ocasión se habían encontrado las variaciones buscadas en este dispositivo óptico.

En la *figura 28*, se observan las representaciones visuales de las tres columnas, de la A a la C. En estas se puede observar, un patrón similar al obtenido previamente en la sección horizontal. Esta formación escalonada, es un indicador del correcto funcionamiento del sensor LDR elegido. Además esto muestra que este dispositivo es capaz de detectar un pez (en nuestro caso un objeto) cuando este pasa frente al detector.

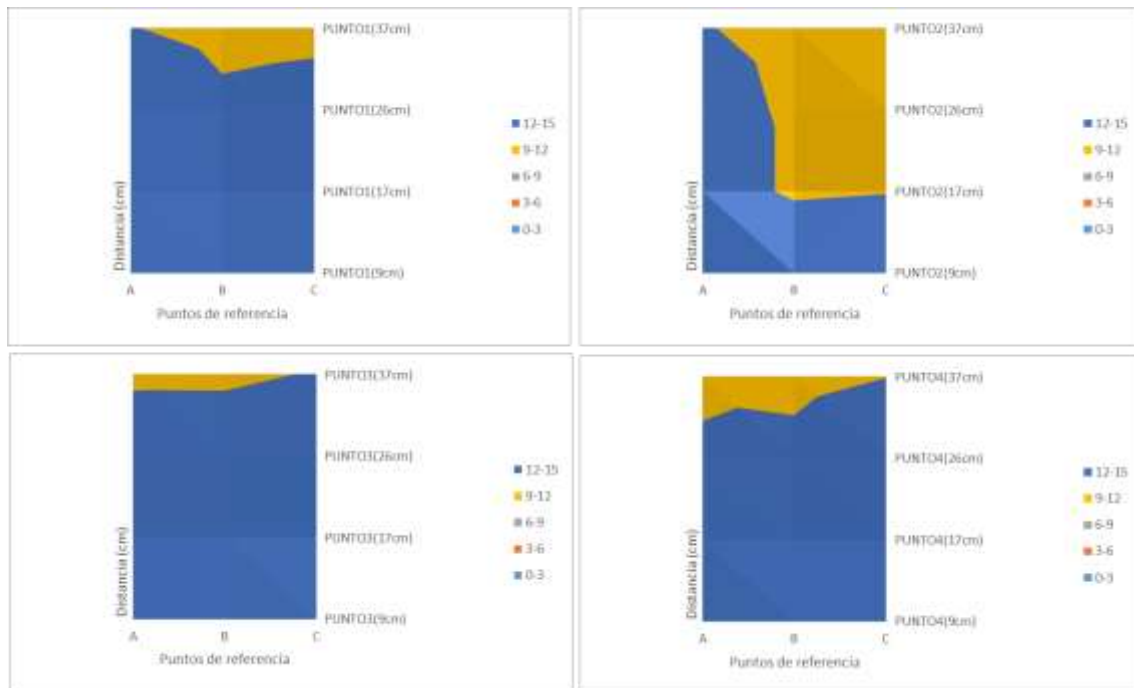


Figura 28. Resultados gráficos de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR en los puntos de la A a la C en la sección lateral.

Una vez analizado los datos presentados previamente, se decidió validar el buen funcionamiento del dispositivo elegido. Por esta razón se concluyó que era hora de realizar la prueba con un individuo de dorada, el cual posee un lomo plateado que produciría señales al cruzar este frente al sensor. La distancia utilizada en el experimento estuvo entre los 10 a 15 cm.

3.1.4 Mediciones con el sensor LDR con un individuo de dorada.

Finalmente se llevó el experimento a la última fase, donde se utilizó un individuo de pez para intentar recrear las condiciones reales de trabajo en una acuicultura.

El pez se introdujo de manera repetitiva, durante 30 segundos, divididos en dos tandas de 15 segundos para simular el paso de peces frente al sensor y poder emular con el máximo detalle la realidad.

Posteriormente los primeros 15 datos se utilizaron para obtener el valor umbral de los datos conseguido, asimismo los demás se utilizaron para verificar los resultados obtenidos con los primeros.

Tabla 12. Medidas tomadas con la utilización de un pez real en los primeros 15 segundos.

Tiempo (segundos)	Resistencia (k Ω)	Detección de pez
1	6,42	0
2	14,89	1
3	14,85	1
4	6,68	0
5	7,02	0
6	15,02	1
7	14,98	1
8	7,43	0
9	7,42	0
10	7,87	0
11	14,89	1
12	14,87	1
13	6,82	0
14	7,12	0
15	15,62	1

Tabla 13. Medidas tomadas con la utilización de un pez real en los primeros 15 segundos.

Tiempo (segundos)	Resistencia (k Ω)	Detección de pez
1	6,58	0
2	14,76	1
3	14,67	1
4	6,89	0
5	7	0
6	14,96	1
7	15,05	1
8	7,41	0
9	7,46	0
10	7,61	0
11	14,82	1
12	14,91	1
13	6,79	0
14	7,1	0
15	15,62	1

La *tabla 12 y 13*, representa los datos recogidos mediante el uso del sensor LDR y el multímetro digital durante 30 segundos. En este tiempo se introdujo el pez frente al dispositivo cada 3-4 segundos. Como se puede apreciar, cuando el pez es colocado frente al LDR, la señal aumenta. Para ver con mayor calidad las variaciones obtenidas en el flujo de datos, se representó mediante una gráfica en cual sería más fácil de analizar.

Al igual que se ha mencionado previamente, los primeros 15 datos se utilizaron para encontrar el valor umbral, verificándolo posteriormente.

La *figura 29* muestra una gran variación en la señal lumínica. Se puede observar con gran detalle que en los segundos en los que se introducía en pez, la señal incrementaba causando picos en la propia gráfica.

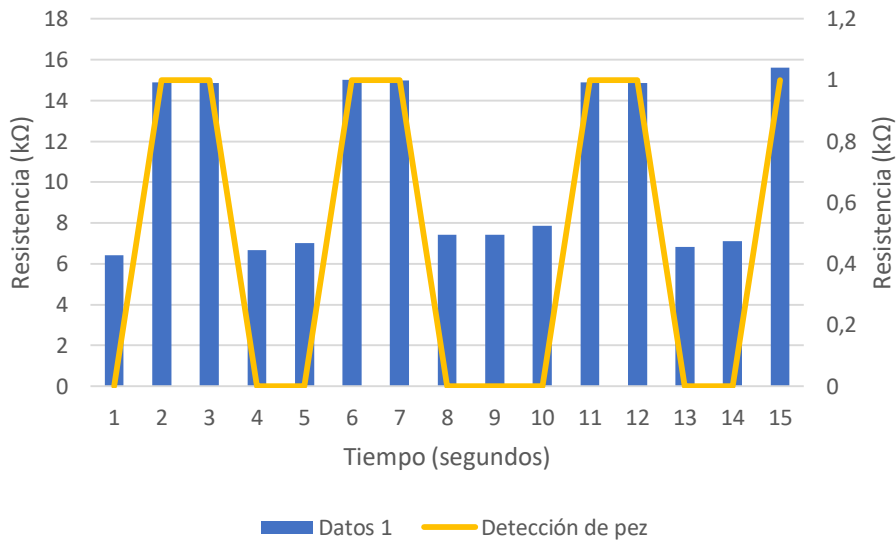


Figura 29. Resultados gráficos de los tres puntos de medida mediante el sensor LDR utilizando una dorada. (Primeros 15 datos).

El umbral mínimo, obtenido se correspondió aproximadamente a los 11,55 k Ω, a partir del cual se considera que hay un pez frente al sensor. En el caso que la señal no superase este valor nos encontraríamos frente a un dato aleatorio consecuencia de un error metodológico.

Para poder cerciorar la veracidad de lo afirmado previamente, se realizó una verificación con la segunda tanda de datos obtenida.

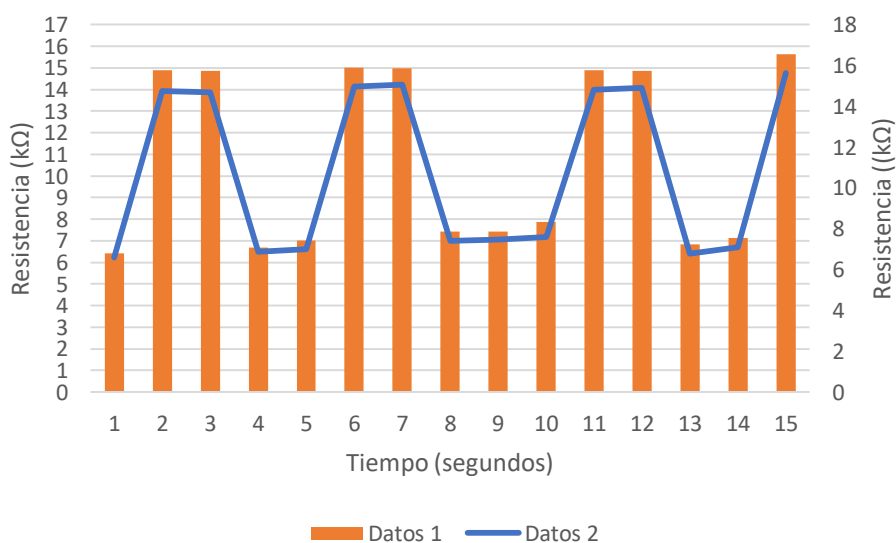


Figura 30. Medidas del pez durante 15 segundos.

En la *figura 30* se muestran los datos de ambas medidas superpuestas para poder garantizar que el umbral es correcto, y que cuando el pez pasa frente al sensor este asciende por encima del valor anteriormente mencionado.

Con este experimento queda probado que el sensor utilizado es capaz de detectar un pez con mucha exactitud, obtenido datos de resistencia hasta un máximo 16 k Ω aproximadamente, asimismo, los valores mínimos obtenido se situaron alrededor de los 7 k Ω , habiendo un incremento considerable cuando un objeto (en este caso la dorada) se interponía entre el sensor y el extremo de la pecera utilizada.

4 CONCLUSIONES

4.1 Cumplimiento del objetivo

Los principales objetivos, estos eran obtener un sensor de bajo coste, que fuera capaz de monitorear peces en una instalación acuícola presentando un bajo coste y que no presentase un contacto directo entre el sensor y el agua. Se ha conseguido un sensor que es capaz de detectar cambios en la intensidad lumínica. Para obtener este sensor se han realizado pruebas con dos sensores físicos hasta elegir uno de ellos por sus características de frecuencia de pico y voltaje

4.2 Conclusiones del proyecto

En primer lugar tras un exhaustivo análisis de 2 sensores con características diferentes se encontró diversos resultados al medir la señal lumínica recibida por cada uno de estos dispositivos. En el caso del sensor infrarrojo, la señal no variaba en gran frecuencia, indicando que no es capaz de detectar si un objeto transcurre frente a este y por ende siendo descartado como posible herramienta de uso. Por lo tanto, la opción más acertada fue el sensor LDR, el cual al trabajar con una longitud de onda visible fue capaz de obtener fluctuaciones en los resultados. Más tarde y una vez analizados los resultados, se decidió volver a realizar una nueva prueba únicamente con el LDR y esta vez por los dos laterales de la pecera utilizada. Esto proporcionó datos irregulares, por lo que se concluyó que la luz utilizada no iluminaba de la misma manera todo el entorno. Por ello, se volvió a realizar una nueva toma de datos en el cual se aumentaron la cantidad de medidas para verificar el buen comportamiento del sensor.

Una vez obtenidos los resultados se analizaron y estos se ajustaron a la perfección al patrón buscado. Este debía de fluctuar con la señal, dependiendo del movimiento del objeto, y de esta manera poder detectar si un individuo de pez pasaba por el frente. Por último y para asegurar que el sensor puede trabajar sin problemas con un individuo real de un pez, se tomaron medidas utilizando una dorada de verdad.

En cuanto a la repercusión del presente trabajo radica principalmente en haber obtenido un sensor óptico apto para su uso en piscifactorías con un coste muy bajo en comparación con sensores comerciales. Además, al tratarse de un sensor óptico, este no está en contacto con los peces de la instalación causando 0 estrés a los individuos. Además, al no encontrarse dentro del agua, este dispositivo no necesitaría mantenimiento provocando que su uso sea cómodo y fácil.

La utilización de este tipo de sensores físicos en la acuicultura, ayudaría a monitorear los cambios de velocidad de los individuos y relacionar esta acción con el hambre, por lo cual se podría ajustar el pienso utilizado según los datos

obtenidos, y de esta manera poder disminuir el coste que este representa en una instalación de piscifactoría.

4.3 Problemas encontrados y como se han solucionado

Uno de los principales problemas a enfrentar fue la distribución lumínica utilizada, el cual afectó a los datos tomados principalmente con el sensor LDR. Esta variación hacía que los datos no fuesen representativos debido a que la señal cambiaba aleatoriamente sin seguir un patrón. Para tratar de dar solución a dicho problema se decidió prescindir de la iluminación utilizada principalmente y utilizar una más genérica que iluminase la pecera homogéneamente.

4.4 Trabajos futuros

Las futuras líneas de investigación son principalmente realizar nuevas pruebas utilizando tanques de mayor dimensión y ajustando los nuevos parámetros. Se utilizará una pecera de mayores dimensiones para poder aumentar la distancia de detección del LDR. Por otra parte, también se diseñará un sistema de LDR conectados mediante wifi con el objetivo de mejorar el rendimiento realizado y con el cual poder gestionar de manera más sencilla los datos recibidos de varios tanques de peces.

Paralelamente se harán experimentos con una cantidad mayor de peces, teniéndolos más tiempo en el experimento para garantizar la mayor calidad de los resultados conseguidos.

Además esta herramienta será de gran utilidad a la hora de monitorear los peces en grandes piscifactorías del modo en que estas se puedan ahorrar una suma considerable en gastos de alimentación, pudiendo predecir cuando los peces demandan alimento.

5 BIBLIOGRAFÍA

- Carletti, E. (2017). *Sensores-LDR: Descripción y funcionamiento* . Obtenido de ROBOTS: pasión por la robótica en Argentina: http://robots-argentina.com.ar/Sensores_LDR.htm
- Castelló Orvay, F. (1993). *Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnológicos de la producción*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Coll, J. (2016). Actualidad y futuro de la Acuicultura Española. *Revista Aquatic*.
- Dulanto Ramos, L. (s.f.). *Diseño de un sistema de monitoreo remoto de parámetros ambientales críticos de la planta piloto de acuicultura de la PUCP*. Universidad Politecnica de Perú.
- El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. (2016). Obtenido de Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>
- Huang, J., Wang, W., Sun, D., Ou, G., & Lu, K. (2013). Development and test of aquacultural water quality monitoring system based on wireless sensor network. En *Trans.Chin.Soc.Agric.Eng.* (págs. 183-190).
- Industria salmonera lidera el cambio hacia el cultivo en instalaciones terrestres*. (1 de Noviembre de 2016). Obtenido de Fis : Estados Unidos: <https://fis.com/fis/worldnews/worldnews.asp?l=s&ndb=1&id=87977>
- Nadimi, E., Blanes-Vidal, V., Jorgensen, R., & Christensen, S. (Febrero de 2011). *Energy generation for an ad hoc wireless sensor network-based monitoring system using animal head movement*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169910002322?via%3Dihub#!>
- Parra Boronat, L. (2014). *Desarrollo de un sensor de salinidad de bajo coste para piscifactorías*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.

Rocher, J., Parra, L., Taha, M., & Lloret, J. (2017). Diseño de una red de sensores para monitorizar una instalación acuícola. *Jornadas de Ingeniería Telemática (JITEL)*.

Sawant, S., Durbha, S., & Adinarayana, J. (1 de June de 2017). *Interoperable agro-meteorological observation and analysis platform for precision agriculture: A case study in citrus crop water requirement estimation*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169916304082?via%3Dihub#!>

Sensor de infrarrojos. (s.f.). Obtenido de Wiki de Robótica: <http://wiki.robotica.webs.upv.es/wiki-de-robotica/sensores/sensores-proximidad/sensor-infrarrojos/>

Simbeye, D., & Yang, S. (2014). Water quality Monitoring and Control for Aquaculture Based on Wirelesss Sensor Networks. En *J. Netw.* (págs. 840-849).

Wang, J., Niu, X., Zheng, L., Zheng, C., & Wang, Y. (2016). Wireles Mid-Infrared Spectroscopy Sensor Network for Automatic Carbon Dioxide Fertilization in a Greenhouse Environment. *MDPI*.

Xindar Multímetro digital profesional DB2000. (s.f.). Obtenido de BAUHAUS: <https://www.bauhaus.es/medidores/xindar-multimetro-digital-prefesional-db2000-/p/23977590>