



# BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

**"Diseño e Implementación de un sistema de adquisición  
de actividad motora en campo cerrado para la evaluación  
de fármacos en roedores de laboratorio"**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**Licenciatura en Ciencias de la Electrónica**

PRESENTA  
**Arturo Corona Quevedo**

ASESORES DE TESIS  
**Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño (FCE-BUAP)**  
**Dra. Aleidy Patricio Martínez (QFB-BUAP)**

Puebla, Pue.

Febrero 2019

## **Dedicatorias**

A Dios por mostrarme el camino correcto el cual me dirige al éxito y un día permitirme la salvación. **Deuteronomio 29:9, Josué 1:7-8, 1 Reyes 2:3**

A mi esposa **Lic. Nancy Silva** por su apoyo y confianza que me brindo en momentos difíciles y tomo de la mano para no declinar y seguir adelante.

A mis padres quienes han sido un ejemplo a seguir para superarme en cualquier momento de mi vida.

A mis hermanas, quienes me brindaron su apoyo y confianza durante mi carrera y por ser un ejemplo en su esfuerzo y dedicación.

A mi hija **Itzayana Corona** de quien su amor fue un aliciente para esforzarme y terminar la tesis.

Arturo Corona Quevedo.

# Índice General

Resumen .....	I
Introducción .....	II

## **CAPÍTULO 1. Conceptos teóricos sobre pruebas de actividad motora para la evaluación de fármacos en roedores.**

1.1 Importancia de la tecnología en la ciencia médica .....	1
1.2 Actividad motora en campo cerrado para ratas de laboratorio .....	2
1.3 Línea de estudio de fármacos .....	3
1.4 Modelos de cajas de actividad motora .....	3
1.4.1 Campo abierto .....	3
1.4.2 Campo cerrado .....	4
1.4.3 Tabla comparativa .....	4
1.5 Comportamiento natural de una rata .....	5
En lugares aislados .....	5
En campo cerrado .....	6
1.6 Descripción del diseño de la caja de actividad motora .....	6
1.6.1 Diagrama general del sistema electrónico .....	7
1.7 Conclusiones .....	11

## **CAPÍTULO 2. Diseño del Hardware.**

2.1 Hardware .....	12
2.2 Detección de movimientos .....	13
Diodos infrarrojos / Sensores infrarrojos .....	13
Apertura de incidencia correcta del infrarrojo .....	15
Caracterización de movimientos y desplazamientos .....	17

Circuito electrónico Emisor .....	18
Sistema Receptor .....	19
Acoplamiento de señales Digitales .....	20
2.3 Tarjeta controladora “Microcontrolador” .....	22
Microcontrolador usado .....	23
Oscilador .....	25
El Reset en el Microcontrolador .....	26
Alimentación .....	27
Configuración de terminales .....	27
2.4 Protocolo de comunicación .....	29
Protocolo RS-485 .....	30
Señal balanceada en el RS-485 .....	31
La Comunicación RS-485 en Modo Half Duplex .....	32
Configuración del MAX485 con el PIC16F877A .....	34
2.5 Módulo adaptador de comunicación RS-485 a USB .....	34
2.6 Circuito propuesto .....	35
2.7 Programación del módulo PIC .....	38
Programa del PIC .....	39
2.8 Conclusión .....	41

### **CAPÍTULO 3. Software.**

3.1 Ambiente de programación .....	42
3.2 Estructura de programación .....	44
3.3 Descripción del software RmotionSensorR7 .....	48
3.4 Conclusión .....	55

### **CAPÍTULO 4. Evaluación Experimental.**

4.1 Parámetros evaluativos .....	56
4.2 Proceso evaluativo .....	58
4.3 Pruebas y resultados experimentales .....	58
4.4 Sistema diseñado .....	67

4.4 Conclusión .....	70
CONCLUSIONES GENERALES .....	71
Referencias .....	73

## **Apéndice**

A) Diseño y medidas generales de la caja .....	75
B) Manual .....	93
C) Participaciones .....	127

# RESUMEN

La presente tesis trata del diseño y construcción de una caja de actividad motora en campo cerrado para el laboratorio de Neurofarmacología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, esta pretende ayudar a reducir tiempos en la experimentación en ratas de laboratorio, mejorar la calidad de los experimentos y favorecer a la adquisición de estos sistemas debido a su alto costo en el mercado. Las etapas que demarcan el proyecto como un conjunto para su desarrollo son: parte teórica, en la cual se visualiza la importancia de estos sistemas en la medicina, así como las líneas de estudio y modelos de cajas existentes; circuito electrónico, es una parte del diseño e implementación de las etapas electrónicas partiendo de la detección de movimientos con sensores infrarrojos, la implementación de una tarjeta para una adquisición y transmisión de datos, así como el desarrollo del protocolo RS485 para la comunicación con múltiples dispositivos; programación de software, se implementa un programa para la adquisición de datos provenientes de la caja de actividad motora para su análisis y respaldo, este software está diseñado en el ambiente java para poder ser instalado en diversos sistemas de cómputo con bajos recursos; evaluación experimental es una prueba importante donde se comprueba el correcto funcionamiento de las cajas, tomando como referencia pruebas conductuales en vivo, programando un estudio de un determinado número de ratas. El desarrollo del proyecto se fundamenta en configurar en el software parámetros establecidos por el experimentador como son: períodos y tiempo de muestreo. Estos datos permiten que el equipo trabaje de manera coordinada con la tarjeta de adquisición al controlar el flujo de información almacenada por las barras infrarrojas designadas para la detección de movimientos, desplazamientos y erguidos.

Posteriormente se define la estructura de la caja de actividad motora diseñada en AutoCAD; con parámetros como: medidas, diseño, espacios, entre otros, los cuales se describen en el apéndice A. En el apéndice B se define un manual de instalación que describe de manera detallada la configuración e instalación del software, así como cada componente y aditamento que conforma el sistema completo. Actualmente el diseño de sistemas electrónicos está tomando más relevancia puesto que la tecnología crece rápidamente, por ello, el diseñar sistemas como este, favorece al desarrollo de nuevas tecnologías.

Como resultado del presente trabajo se participó en dos ponencias en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla una de ellas en: **VII Encuentro nacional de ciencias Luis Rivera Terrazas**, con tema: *Implementación de un sistema de adquisición de actividad motora en campo cerrado para roedores de laboratorio*. Y como segundo lugar en la facultad de ciencias químicas en la: **Semana internacional del cerebro**, con tema: *Como se mide la actividad motora*.

# Introducción

Desde tiempos antiguos, se ha tenido interés por el conocimiento y la comprensión de la anatomía y fisiología del ser humano. Pero los conocimientos eran adquiridos empíricamente o por experiencias vivenciales, como los ritos funerarios, sacrificios, guerras e incluso a través de los animales muertos o de consumo humano.

El uso de animales como herramienta de observación y experimentación adquirieron mayor importancia en la época de los griegos, quienes dieron las primeras referencias acerca de la anatomía y la fisiología humana, muchas de ellas basadas en animales.

Dentro de los científicos griegos se destaca Alcmeón de Crotona (500 a.C.), quien creía que la experiencia como la práctica de la disección era necesaria para conocer el cuerpo humano. Proporcionó los primeros datos anatómicos en animales y descubrió hechos notables en sus disecciones, tales como la conexión de los órganos de los sentidos con el cerebro. Aristóteles (384-322 a.C.) destacó por sus investigaciones detalladas basadas en observaciones directas. Realizó experimentos con extraordinaria precisión y exhaustividad, tanto en animales como en seres humanos.

En el Imperio Romano, Galeno (130-210 d.C.) practicó técnicas de disección en diversas especies. En sus estudios no sólo se describe la anatomía, sino que se interpreta gran cantidad de funciones como la de los pulmones y la del corazón.

Después de este periodo de grandes avances en la ciencia, medicina y cirugía, llegó la época del cristianismo, que se caracterizó por una práctica experimental limitada. Aun así, se presentaron algunos logros esporádicos de personajes que preservaron su espíritu investigador en el área de la cirugía experimental, como Giuseppe Zambecari, considerado pionero en la cirugía experimental en perros.

En el Renacimiento, Andrés Vesalio (1514-1564), usó cerdos y perros en sus demostraciones de anatomía mediante vivisecciones publicadas en “De humani corporis fabrica” (1543), lo que condujo a un mejor entendimiento y correlación de la anatomía con la fisiología.

En el siglo XVII se destaca el cirujano William Harvey (1578- 1657), por demostrar la circulación sanguínea a través del sistema vascular. Sus argumentos se basaban en investigaciones morfológicas obtenidas por la práctica de disecciones y la experimentación fisiológica en animales, así como por la observación fisiológica del hombre.

En el siglo XIX, Luis Pasteur (1822-1895) utilizó animales para el estudio de diversas enfermedades infecciosas; sus modelos variaron desde el gusano de seda hasta el perro [1].

Los diversos padecimientos que hoy en día se conocen, requieren de un estudio profundo, por lo cual la investigación en animales ha permitido el descubrimiento de nuevas estrategias farmacológicas útiles en el tratamiento de diversas enfermedades con el objetivo de prolongar y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

En la medicina, el uso de animales para evaluar nuevos medicamentos antes de ser utilizados en la clínica con pacientes, ha resultado una excelente estrategia para el análisis y desarrollo de nuevos fármacos. En la actualidad se cuenta con diversas etapas experimentales para que un fármaco llegue al mercado. La falta de dichos protocolos en la evaluación de fármacos tuvo consecuencias devastadoras a lo largo de la historia; un ejemplo de ellos es el caso de la talidomina en los años 1957 y 1963. La talidomida fue un fármaco utilizado en mujeres durante el primer trimestre del embarazo, cuya utilidad clínica fue disminuir las náuseas y la ansiedad, desafortunadamente los pocos estudios de los efectos tóxicos de esta molécula provocó el nacimiento de miles de niños con teratogénesis (del griego *terato*, que significa monstruo), las características fueron: focomelia, anomalía congénita que se caracterizaba por la carencia o excesiva cortedad de las extremidades [2]. Este hecho devastador, marcó la pauta para evaluar los efectos tóxicos que provocan los fármacos. Debido a ello, los animales son utilizados como modelos experimentales para desarrollar algunas de las características de las enfermedades a evaluar y con ello poder evaluar los efectos de algunos fármacos. Si bien, algunas personas ven esta práctica como inhumana, el uso de modelos experimentales ha permitido incrementar la esperanza de vida en humanos y en animales.

En el siglo xx se desarrollaron una amplia gama de pruebas de comportamiento en la investigación animal. Hoy en día, las pruebas de comportamiento se utilizan en muchas áreas de la investigación biomédica, farmacológica y toxicológica. Estos estudios tuvieron como objetivo evaluar los efectos de diversos factores, como: ambientales, genéticos y epigenéticos (procesos bioquímicos que regulan la actividad de los genes y que responden a la influencia del ambiente), estados de enfermedad o bien la influencia de sustancias farmacológicas sobre el estado fisiológico y psicosociológico de sujetos experimentales. Como cualquier factor aversivo que altera la homeostasis del organismo puede ser considerado un factor de estrés, las pruebas de comportamiento son una herramienta no invasiva útil para determinar los efectos perjudiciales del estrés, sobre todo, a nivel de los animales.

En las pruebas conductuales, la capacidad de los animales para hacer frente a nuevas situaciones se determina por cambios de comportamiento como la locomoción, inmovilidad, defecación, micción, etc. Los estímulos utilizados con mayor frecuencia son: un nuevo entorno, la iluminación, un ambiente acuático y la administración de fármacos.

Uno de los métodos frecuentemente utilizados en la investigación del comportamiento es la prueba de campo abierto. Este método fue publicado por primera vez por Hall y Ballachey en 1932 en el artículo “A study of therat’s behavior in field: a contribution to methods in comparative psychology” [3], como la primera prueba para controlar comportamientos relacionados con la ansiedad, conductora exploratoria y la emotividad en ratas. Broadhurst (1969) describió el campo abierto como una prueba fiable y relativamente estandarizada [4]. Hoy hay una gran variabilidad de pruebas disponibles bajo diversas condiciones en la literatura. Las diferencias se pueden observar

en la forma del área en campo abierto (cuadrada, rectangular o circular), el color, iluminación y grabación.

El aparato consiste en una jaula más grande que la jaula normalmente utilizada por el animal (prueba de campo abierto). El tamaño habitual del campo abierto para ratas es de  $100 \times 100$  cm. Sin embargo, algunos autores utilizan áreas más pequeñas, por ejemplo  $90 \times 90$  cm [5],  $60 \times 60$  cm [6],  $40 \times 40$  cm [7], o incluso  $25 \times 25$  cm para los ratones [8]. Del mismo modo, la forma del campo abierto generalmente varía. Francis y colaboradores utilizan un campo abierto circular de 1.6 m de diámetro [9] (Figura 1), Alstott y Timberlake (2009) utilizaron un escenario con 1.67 m de diámetro y Bond y Di Giusto (1977) con 0.92 m de diámetro. En cuanto al color, por lo general todas las paredes y el suelo del campo abierto son negras, pero algunos autores utilizan piso y paredes pintadas de blanco [10]. Curiosamente, Chakraborti. (2008) uso color blanco para las paredes y verde para el suelo.

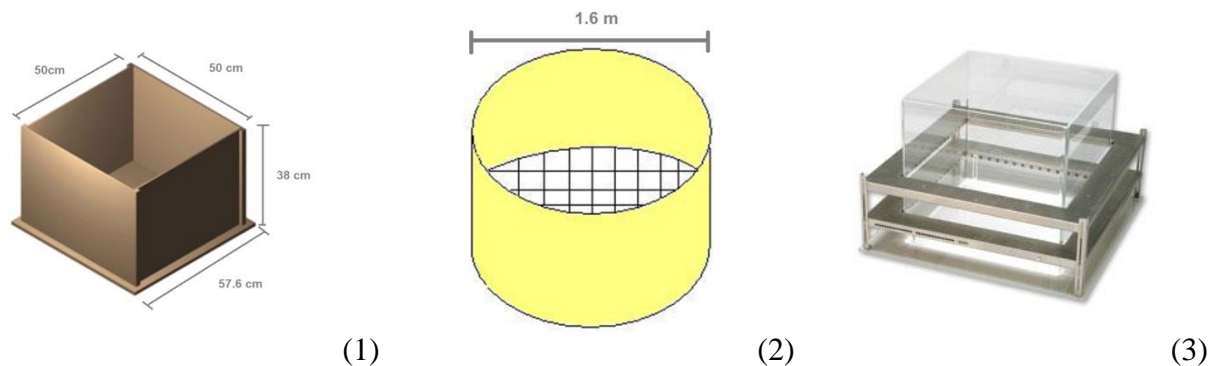


Figura 1. Variedad en diseño y tamaño de Cajas de actividad motora. (1) Caja ideal para las pruebas de la emotividad y la evolución de la actividad motora (San Diego Instruments (SDI)), (2) Caja circular de 1.6 m de diámetro utilizada por Francis [9], (3) Sistema de campo abierto Smart Frame de 56 cm x 56 cm x 40, tomada de Lafayette instrument.

La iluminación es otro factor que puede afectar los resultados alcanzados. La intensidad de la iluminación varía de acuerdo a los diferentes autores, sin embargo, debido a que los animales generan aversión en el campo abierto relacionado con la luminosidad, se propuso su reducción de 7-8 lux. Por el contrario, la intensidad más alta (250 a 360 lux) es ampliamente utilizado para aumentar la aversión (Sentimiento de rechazo o repugnancia hacia la luz, o cosa) de los animales al medio ambiente [6, 10, 11]. Desafortunadamente, en muchos estudios la información sobre la intensidad de la luz es ambigua y reduce la posibilidad de comparar los estudios individuales.

Partiendo de esta premisa, se utiliza otro tipo de método llamado *campo cerrado* y a diferencia del campo abierto, el sistema carece de luminosidad en su totalidad. Puesto que los factores de luz, la presencia del experimentador o ausencia del experimentador en el campo abierto afectan el desempeño de los animales repercutiendo en los resultados.

Debido a las diferencias que existen entre el campo abierto y campo cerrado, en el presente proyecto se desarrolló un sistema cuyo diseño está fabricado con paredes oscuras a diferencia del campo abierto que disminuye uno de los factores como la aversión. Las cajas cuentan con una cubierta en la parte superior y una puerta por donde la rata es ingresada. Sus dimensiones son 28 x

36 x 45cm, con respecto al campo abierto sin embargo estas pueden variar. Otros parámetros como el conteo de erguidos, gráfica de conteo, respaldo de información, comunicación múltiple en red y un manejo de software, son de beneficio para un correcto estudio.

Los resultados de la investigación con modelos animales proporcionan información necesaria para conocer cómo un nuevo fármaco afectará a un sistema biológico completo antes de usarlo en personas. Para ello se requiere un modelo que analice el comportamiento de animales de experimentación, especialmente ratas, con el objetivo de cuantificar los movimientos y desplazamientos para evaluar su actividad motora en general. Sin embargo, en las áreas donde se estudia el efecto de nuevos fármacos sobre la actividad motora no se cuenta con equipos adecuados a las necesidades propias de estos

En la actualidad los laboratorios que hacen estudios con ratas requieren de tecnologías que vayan a la vanguardia en el área de investigación, por lo que se genera una clara oportunidad para que estudiantes de electrónica tengan la posibilidad de crear nuevos sistemas y pueda ser una alternativa como proyectos de tesis. Para los laboratorios el uso de cajas para evaluar el comportamiento motor en ratas se hace necesario, sin embargo, algunos solo tienen la posibilidad de usar una sola caja (problemáticas de costos entre otros), por lo cual es un punto importante que trata de resolver este sistema. Ante esta premisa, en esta propuesta de tesis se presenta un modelo de caja de actividad motora en campo cerrado, para la evaluación del comportamiento de ratas control y problema (control: comportamiento en estado natural de la rata y problema: rata tratada con algún fármaco); con ello se pretende responder a necesidades específicas que tiene el laboratorio de Neurofarmacología-FCQ de la BUAP, ya que en la actualidad no cuenta con un sistema actualizado que responda a los requerimientos de una caja de actividad motora de vanguardia, dichas cajas son una herramienta en el estudio de nuevos fármacos para evaluar sus efectos favorables o adversos. Los resultados obtenidos con las cajas de actividad motora pueden contribuir a la evaluación de nuevos tratamientos para enfermedades degenerativas, las cuales se presentan en la población con mayor frecuencia. Dentro de las enfermedades que destacan se encuentran el Alzheimer, Parkinson y adicciones. Por esta razón se hace necesario en la actualidad, que los centros de investigación en México estén equipados de nuevas tecnologías para realizar estudios precisos y confiables.

Objetivo principal:

**Diseñar e implementar un sistema de adquisición vía USB para el conteo de movimientos, desplazamientos y actividad motora en roedores con el uso de fármacos.**

Y se tiene como objetivos particulares:

- 1) Investigar el estado del arte del sistema.

- 2) Diseñar e implementar una tarjeta electrónica para la adquisición de datos de la actividad motora en roedores.
- 3) Realizar la comunicación entre hardware y software mediante protocolo RS-485; y USB-serial.
- 4) Desarrollar un software que permita hacer conteos de actividad motora en campo cerrado, graficarlos y registrarlos para su posterior análisis.
- 5) Fabricar una caja de actividad motora para los diferentes experimentos con roedores.
- 6) Elaborar un manual técnico con las características de la caja de actividad motora, software y hardware del equipo.
- 7) Validación del sistema diseñado en ratas administradas con fármacos estimulantes y depresores del sistema nervioso central.
- 8) Escritura de la tesis.

De manera general, la investigación esta tesis está desarrollada en 4 capítulos los cuales tienen el siguiente contenido.

## Capítulo 1.

En este capítulo se especifica la importancia de la medicina y la electrónica como la unión de dos ramas en conjunto. Se describen conceptos sobre la caja de actividad motora para entender y desglosar la línea de trabajo sobre la que sigue esta tesis. Se menciona el tipo de fármacos a evaluar en las cajas de actividad motora, para la evaluación de conductas motora en diversas patologías. Se da una breve descripción de 2 tipos de cajas utilizadas en el comportamiento que son el campo abierto y campo cerrado, así como una breve descripción de la caja que se diseñó.

## Capítulo 2.

En el capítulo 2 se toman aspectos importantes sobre el comportamiento de las ratas y su fisionomía. Partiendo de esto se explica y diseña la fase electrónica por etapas del sistema sugerido, así como la programación del firmware, la interfaz de comunicación con los sensores infrarrojos, acoplamiento de señales, etapa de control digital y los protocolos de comunicación. Cada uno con el fin de desarrollar una tarjeta y software acorde a las necesidades.

### Capítulo 3.

Este capítulo está enfocado en la descripción del ambiente de programación java que es una de las herramientas primordiales para el desarrollo del software el cual interpreta la toma de datos obtenida por la tarjeta electrónica. Se describe la parte de programación estructural del programa con diagrama a bloques o paquetes y diagramas aflujo del programa diseñado, así como una explicación sobre las diferentes ventanas y pestañas que conforma el software.

### Capítulo 4.

Este capítulo está dedicado a la evaluación experimental y funcionamiento de la caja de actividad motora en campo cerrado. Se tocan puntos como: método evaluativo en días y aplicaciones de fármaco administrado, características específicas de la rata a experimentar, proceso evaluativo del experimento, gráficas y resultados.

Finalmente se dan conclusiones generales de la caja de actividad motora seguida de Bibliografía y apéndices.

# CAPÍTULO 1

## **Conceptos teóricos sobre pruebas de actividad motora para la evaluación de fármacos en roedores.**

La historia de la humanidad se ha visto marcada por diferentes sucesos importantes en el ámbito de la investigación de medicamentos, pues se han tenido eventos tan lamentables que han llevado a la muerte de personas por una falta de investigación profunda y oportuna, así mismo se han tenido significativos avances que han llevado a la erradicación de enfermedades.

Por ello es importante tener una ética profunda para crear técnicas de análisis y sistemas electrónicos que conlleven al éxito, es importante puntualizar la importancia del uso de animales de laboratorio para un mejor análisis de ello.

### 1.1 Importancia de la tecnología en la ciencia médica.

Con el paso del tiempo la investigación farmacéutica ha avanzado de manera importante; algunas de las enfermedades que anteriormente no se consideraban tratables en la actualidad existen diferentes alternativas farmacológicas al alcance. Gracias al estudio con animales se han desarrollado fármacos que permiten inhibir o erradicar ciertas dolencias del ser humano permitiendo una vida más saludable y duradera.

Actualmente la tecnología es un factor fundamental para el desarrollo de la sociedad; relativamente el aporte de la tecnología es esencial en todas las áreas, pero se hace imprescindible en lo que respecta a la medicina pues ha permitido de manera sistemática y profunda llevar a cabo investigaciones oportunas en menor tiempo y con mayor exactitud. En los últimos años la tecnología se ha caracterizado por tener auge en el avance vertiginoso de la ciencia

El desarrollo tecnológico ha propiciado un cambio sorprendente en la medicina; su avance ha permitido conocer infinidad de procesos que explican el porqué de muchas enfermedades, de eventos que ocurren en el organismo humano y de las consecuencias de relacionarse con su entorno.

Gracias a la tecnología en el ejercicio de la medicina se han logrado las condiciones óptimas para los pacientes en cualquier intervención quirúrgica. Actualmente, se llegaron a utilizar los avances tecnológicos no sólo para curar sino también para prevenir las enfermedades y posteriormente para todo tipo de investigación médica, la cual gracias a la tecnología ha realizado importantes descubrimientos. Algunos de los equipos tecnológicos utilizados en roedores para la investigación de algunas enfermedades neurodegenerativas son Laberinto Acuático de Morris (evalúa procesos de aprendizaje y memoria), la Caja de actividad motora en campo abierto, Caja de actividad motora en campo cerrado, Rotarod de disco (evalúa coordinación motora) entre otros.

## 1.2 Actividad motora en campo cerrado para ratas de laboratorio.

Es la actividad física de un ser humano o de un animal como fenómeno conductual, se deslumbra para un ratón o rata de laboratorio como: “Fina” es todo movimiento voluntario o involuntario pequeño de sus músculos finos el cual puede ser el mover la nariz para olfatear o mover unos dedos de sus patas; “Gruesa” es todo movimiento de sus músculos gruesos o extremidades puede ser el caminar, pararse en sus extremidades traseras.

La caja de actividad motora es un instrumento muy utilizado en los laboratorios de análisis en la rama de Neurofarmacología, la cual se trata de un sistema electrónico que estudia el comportamiento locomotor de roedores en base a su ansiedad o voluntad a conocer un ambiente desconocido. El ratón o rata de laboratorio son los utilizados por sus características de comportamiento en lugares cerrados.

En la actualidad existen enfermedades que involucran el sistema motor del ser humano por ello es posible valorar el funcionamiento del sistema nervioso estableciendo una relación entre los cambios en la actividad motora en el animal de estudio y los efectos de algún fármaco o de una lesión. Los resultados de las observaciones pueden utilizarse para solucionar problemas relacionados con trastornos de sueño o enfermedades que afectan el sistema nervioso central como es el Parkinson, Esclerosis lateral amiotrófica.

### 1.3 Línea de estudio y fármacos.

En la actualidad con el avance científico se han descubierto infinidad de fármacos que han ayudado al hombre a erradicar diferentes enfermedades o en menor impacto a sobrellevar alguna de ellas. En el laboratorio de Neurofarmacología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla se estudia la enfermedad del Parkinson el cual es un padecimiento cada vez más frecuente en la sociedad, afecta a alrededor de una o dos de cada 100 personas mayores de 65 años. El Parkinson que es una enfermedad producida por un proceso neurodegenerativo multisistémico que afecta al sistema nervioso central lo que provoca la aparición de síntomas motores y no motores, esto ocurre cuando hay escasez de una sustancia química denominada dopamina en el cerebro. En el laboratorio de Neurofarmacología de la BUAP se estudian principalmente cuatro fármacos que son: el **CLOBENZOREX** que es un análogo de la anfetamina (a un que 20 veces menos potente) que produce la liberación de los neurotransmisores noradrenalina, dopamina y serotonina, **L-DOPA** es el precursor metabólico de la dopamina, uno de los más importantes neurotransmisores, **ANFETAMINA** son un tipo de droga estimulante del sistema nervioso central. Se presenta en forma de pastillas o cápsulas de diferente forma y color; produce sensaciones de alerta, confianza, aumenta los niveles de energía y autoestima. Hace desaparecer la sensación de hambre y de sueño y **Apomorfina**: Es un derivado sintético de la morfina, muy utilizado en experimentación como prototipo de agonista dopaminérgico, carece de acción analgésica, pero tiene intensa actividad como emético (vómito) ya que estimula la zona quimiorreceptora. Se emplea también en la enfermedad de Parkinson. Con estos fármacos se trata de mejorar el comportamiento causado por esta enfermedad.

### 1.4 Modelos de cajas de actividad motora.

Existen principalmente dos tipos de cajas de actividad motora para el estudio conductual de ratas de laboratorio, conocida como caja de actividad motora en campo abierto y caja de actividad motora en campo cerrado.

#### 1.4.1 Campo abierto.

La prueba de campo abierto es un modelo ampliamente utilizado de comportamiento similar a la ansiedad desarrollado para evaluar la ansiedad, exploración y locomoción en los animales y se basa en someter a un animal a un entorno desconocido cuya fuga es prevenida por las paredes circundantes. Existen dos variantes de cajas en campo abierto, una electrónica con paredes transparentes y sensores infrarrojos en las paredes (Figura 1.1.A) que detectan los movimientos que son registrados durante un determinado tiempo en un equipo de cómputo para su análisis y una segunda que carecen de tecnología (Figura 1.1.B) lo cual involucra que el experimentador sea un observador de la actividad motora del roedor y deba registrar los datos en una libreta de anotaciones para posteriormente registrarlos.

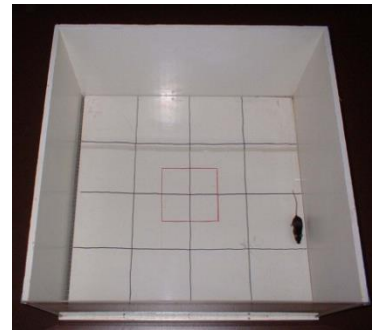


Figura 1.1 (A). *Caja de actividad motora Electrónica.*

(B). *Caja ausente de tecnología.*

Una prueba de campo abierto utiliza una gran caja cúbica, que generalmente mide 1 m de largo x 1 m de ancho x 1 m de alto. La parte superior del cubo generalmente se deja descubierta. Un animal se coloca en el medio de la superficie inferior, y sus movimientos se registran en el transcurso de minutos a horas a medida que se mueve y explora su entorno. Después de completar el experimento, los programas de rastreo de computadora analizan los movimientos del animal a lo largo del tiempo

#### 1.4.2 Campo cerrado.

La prueba de actividad en campo cerrado a diferencia de campo abierto es un modelo menos utilizado por los laboratorios, pero no menos importante, su finalidad es medir el comportamiento locomotor en general y la ansiedad en roedores, consiste en someter a un roedor a un entorno desconocido pero confortable más apegado a su entorno natural por lo cual se pueden obtener resultados más satisfactorios de acuerdo al estudio realizado. Se trata de un caja rectangular con espacio en su interior para el roedor de 20cm de ancho x 43cm de largo y 30cm de altura de color rojizo con sensores infrarrojos en sus paredes que detectan movimientos, cuenta con una segunda pared externa de color negro impidiendo el paso de la luz del exterior al interior de la caja, con este factor tiende a estar menos expuesta al estrés del ambiente luminoso, ruidos o presencia del experimentador como resultado tiende a estar más relajado y con mayor actividad de exploración.

#### 1.4.3 Tabla comparativa.

El sistema de actividad motora en campo abierto como en campo cerrado están definidos como equipos para el estudio de roedores de laboratorios cada uno con una línea de estudio. Sus características y costos particulares se muestran en la tabla 1.1.

<b>NOMBRE:</b>	<b>MARCA:</b>	<b>DESCRIPCIÓN:</b>
<b>ANIMAL ACTIVITY METER: OPTOVARIMEX -5 AUTO-TRACK.</b>	Columbus Instruments.	-Rastrear el camino del animal. -16 estaciones en una sola PC. -Detecta el movimiento con una cuadrícula. -Fotocélulas infrarrojas. -Dimensiones: 17.5 "x 17.5" x 44.5 cm. -Detección de movimiento vertical. -Distancia recorrida (cm). -Tiempo de descanso (seg.). -Tiempo ambulatorio (seg). -Almacenamiento de datos sin procesar. -Monitoreo en tiempo real. -Re-análisis de datos. -16 vigas por eje. -Sensores disponibles con espacio de 1 "(2.54 cm) o 0.5" (1.27cm).
	Línea de Estudio:	Pruebas de ansiedad y exploración en campo abierto.
	Precio:	\$ 265,162.50 + IVA
<b>CAJA DE ACTIVIDAD MOTORA EN CAMPO CERRADO/ RMOTIONSENSORR7.</b>	Propia tesis (iDEC).	-32 Estaciones en Red con una sola PC. -Detección de movimientos linealmente. -Detección infrarroja. -Dimensiones: 28cm x 45cm x 36cm. -Detección vertical. -Detección Horizontal. -Conteo total por periodo. -Conteo de movimientos, Desplazamientos, Erguidos. - Grafica acumulada de movimientos, desplazamientos. - Exportación de Datos a Exel. - Sensores disponibles con espacios de 5 cm entre sensor.
	Línea de Estudio:	Comportamiento locomotor y ansiedad en roedores.
	Precio:	\$6,880.00 IVA incluido

*Tabla 1.1 Comparación de costos y características.*

## 1.5 Comportamiento natural de una rata

En lugares aislados.

Los animales como las ratas y los ratones muestran una aversión natural a las áreas iluminadas. También tienen un impulso para explorar un estímulo amenazante percibido. El resultado de estos dos impulsos conflictivos es la ansiedad. La disminución de la ansiedad conduce a un mayor comportamiento exploratorio. El aumento de la ansiedad dará como resultado un menor movimiento locomotor y preferencia por los bordes del campo [12].

En campo cerrado.

Cuando una rata de laboratorio es expuesta a un entorno oscuro que habitualmente le es familiar tiende a un comportamiento característico de exploración, se mueve en todas las direcciones, se para sobre sus extremidades traseras, estos comportamientos son tomados en cuenta como análisis para el estudio de la actividad motora. Para un estudio profundo se toma como base un número determinado de ratas y un tiempo de experimentación, dentro de ellas hay ratas denominadas problema y control. Una rata Problema es lesionada intencionalmente para simular una enfermedad y posteriormente ser tratada con fármacos y así evaluar su comportamiento y una rata Control o sana que funge como referencia para observar el comportamiento real. Con estos parámetros se determinan el comportamiento de una rata y se define el estudio de los fármacos.

## 1.6 Descripción del diseño de la caja de actividad motora.

Los dos modelos conductuales de actividad motora están diseñados con un propósito particular en el campo abierto, se requiere que la rata se enfrente a situaciones adversas mientras que en campo cerrado se necesita tener un entorno lo más familiar y tranquilo posible para evitar alteraciones en los estudios. Existen dos tipos de movimientos, finos y gruesos, estos segundos son interpretados en la rata como todo movimiento de traslado de un punto a otro, por ello y por ser de los más importantes a beneficiar en la enfermedad de Parkinson son los que se estudian en este tipo de sistemas. Un parámetro interno importante a tomar en cuenta en la caja es el tamaño mínimo y máximo permitido de la rata a experimentar ya que si se exceden las longitudes podría tener lecturas incorrectas, el tamaño permitido va de 15 a 22 cm este parámetro es tomado en cuenta de acuerdo a su edad. Tomando como base estos fundamentos se diseña una caja de acrílico totalmente oscura en su exterior para evitar el paso de la luz al interior, la caja cuenta en su parte interna con dos paredes rojizas transparentes que permiten el paso de la luz infrarroja, cuenta con dos pares de barras con sensores, un emisor y un receptor los cuales toman la lectura de movimientos y desplazamientos y erguidos, las dimensiones de la caja son 28cm Ancho, 36cm Alto y 45cm Largo (Figura. 1.2), en el **Apéndice A** se observan las dimensiones y diseño exacto de la caja.

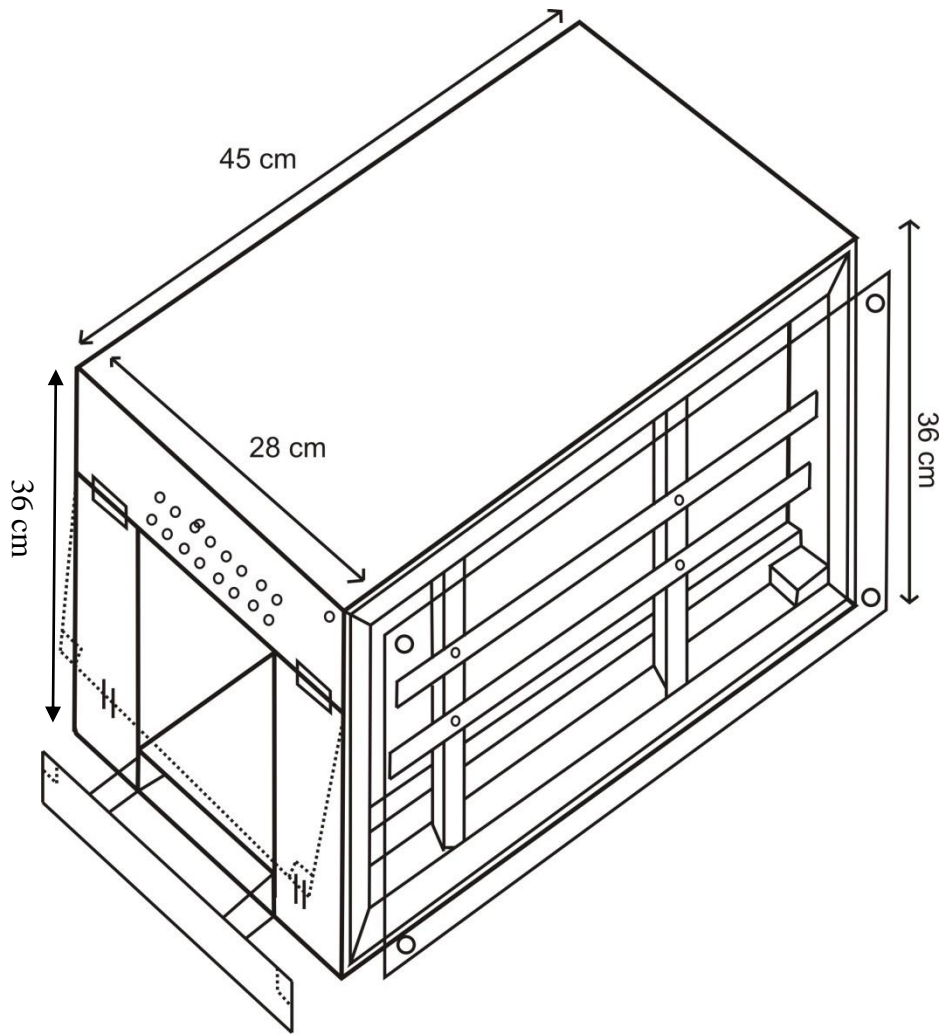


Fig. 1.2. *Diseño y dimensiones de la caja de actividad motora.*

Cuenta con una comunicación RS485 (Capítulo 2.4.1) [13], que permite una interconexión de hasta 32 equipos en red, así como una comunicación con la PC (Capítulo 2.4.1) para un estudio más a detalle que permite ser almacenado y graficado para una interpretación más correcta.

### 1.6.1 Diagrama general del sistema electrónico.

Una de las partes primordiales del sistema es la electrónica, esta es la encargada de capturar cada uno de los datos obtenidos con cada sensor al ser bloqueados por la rata de estudio, en la (Figura 1.3) se observa un diagrama a bloques de cada etapa que conforma la tarjeta principal o DAQ así como las entradas y salidas de los diferentes periféricos.

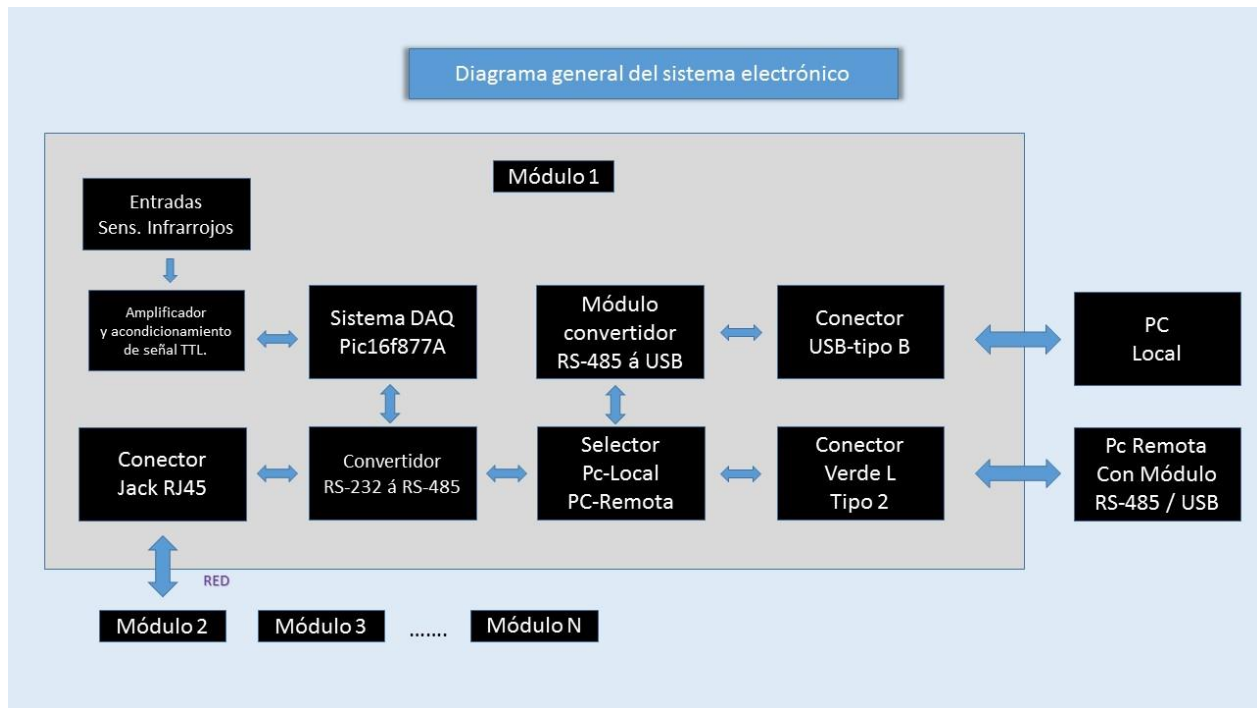


Figura 1.3. Diagrama de interconexión interna de los diferentes módulos electrónicos que conforman la tarjeta de adquisición de datos.

Las partes primordiales que conforman el sistema y que detallan más en el cap. 2 son:

- Barra de sensores infrarrojos.
- Tarjeta de adquisición de datos
- Comunicación RS-485
- Software de análisis.

- **Barra de sensores infrarrojos**

Es una barra electrónica formada por una serie de diodos infrarrojos que al ser interrumpido por un haz de luz proveniente del diodo emisor envían una señal electrónica hacia un arreglo de circuitos. Un **fotodiodo** es un semiconductor construido con una unión PN, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Para que su funcionamiento sea correcto se polariza inversamente, con lo que se producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz. Debido a su construcción, los fotodiodos se comportan como células fotovoltaicas, es decir, iluminados en

ausencia una fuente exterior de energía genera una corriente muy pequeña con el positivo en el ánodo y el negativo en el cátodo.

- **Tarjeta de adquisición de datos**

La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. Un sistema DAQ está compuesto por sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable. Comparados con los sistemas de medidas tradicionales, los sistemas DAQ basados en PC aprovechan la potencia del procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad de las PCs estándares en la industria proporcionando una solución de medidas más potente, flexible y rentable.

El hardware DAQ actúa como la interfaz entre una PC y señales del mundo exterior. Funciona principalmente como un dispositivo que digitaliza señales analógicas entrantes para que una PC pueda interpretarlas. Varios dispositivos DAQ incluyen otras funciones para automatizar sistemas de medidas y procesos. Por ejemplo, los convertidores digitales-analógicos (DACs) envían señales analógicas, las líneas de E/S digital reciben y envían señales digitales y los contadores/temporizadores cuentan y generan pulsos digitales.

- **Comunicación con protocolo RS-485**

**RS-485**[13] o también conocido como **EIA-485**, que lleva el nombre del comité que lo convirtió en estándar en 1983. Es un estándar de comunicaciones en bus de la capa física del Modelo OSI.

Está definido como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbit/s hasta 10 metros y 100 kbit/s en 1200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1200 metros operando entre 300 y 19 200 bit/s y la comunicación half-duplex (semiduplex) [14]. La transmisión diferencial permite múltiple posibilidad de una configuración multipunto. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilizaciones.

- **Software de análisis**

En el mercado existen gran variedad de software dedicados al estudio y creación de programas para estudios en particular uno de ellos es el java esta plataforma es muy útil para la creación de proyectos en la cual nuestra aplicación estará enfocada.

La **plataforma Java** es el nombre de un entorno o plataforma de computación originaria de Sun Microsystems, capaz de ejecutar aplicaciones desarrolladas usando el lenguaje de programación Java u otros lenguajes que compilen a byte code y un conjunto de herramientas de

desarrollo. En este caso, la plataforma no es un hardware específico o un sistema operativo, sino más bien una máquina virtual encargada de la ejecución de las aplicaciones, y un conjunto de bibliotecas estándar que ofrecen una funcionalidad común. En la (figura 1.4) Se observa la pantalla del software.

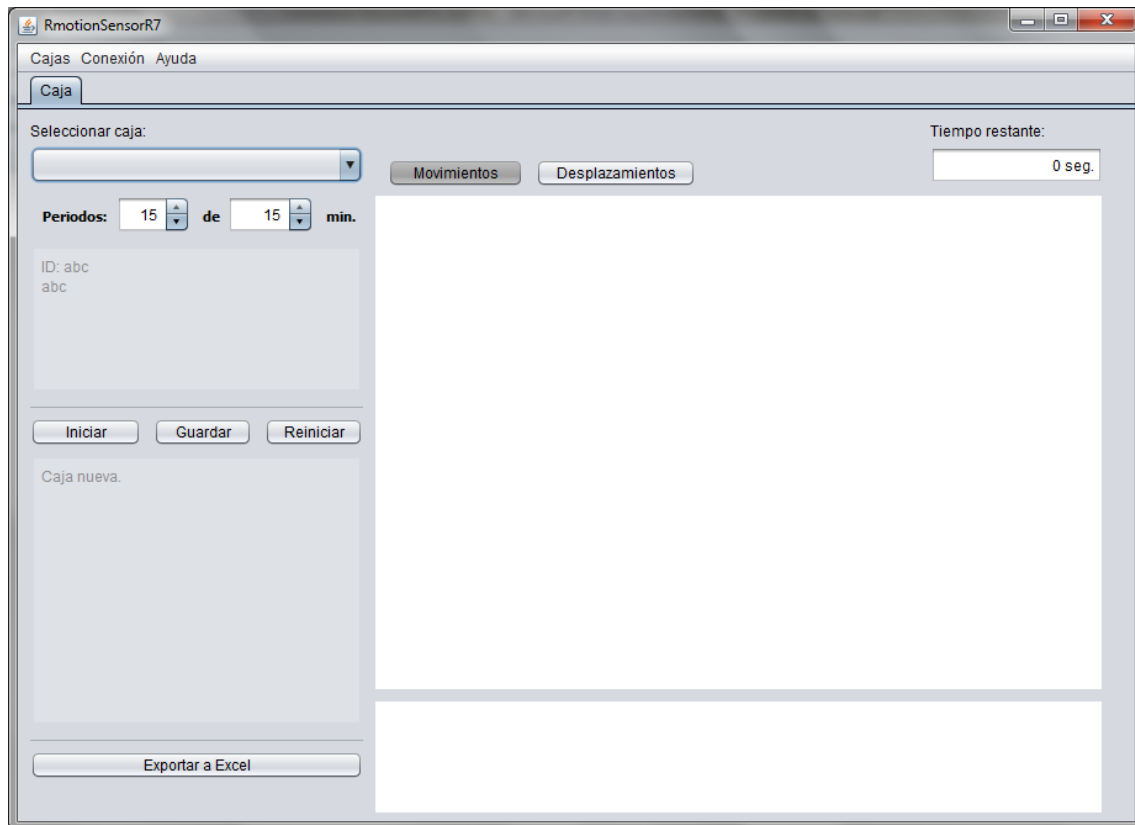


Figura 1.4 Software de análisis.

El laboratorio de Neurofarmacología con él interés y la misión de emprender y alcázar nuevos objetivos académicos así como grandes logros científicos, ha tratado de involucrar al académico a sumergirse en la exploración científica de diferentes áreas, en particular con el área de Electrónica se pretende unificar fuerzas para crear un sistema adecuado que ayude a las dos partes a desarrollar sus intereses propios de investigación y de esta manera ayudar a una sociedad que reclama avances día a día. La caja de actividad motora en campo cerrado pretende ser uno de los muchos proyectos que se diseñen en la universidad, con el interés de incursionar en el desarrollo de tecnologías propias y estar a la vanguardia con otras universidades y empresas, dando por resultado el ayudar a cualquier institución en general.

## **1.7 Conclusiones.**

Una vez comprendidos los conceptos sobre la actividad motora, el modelo de campo cerrado y una perspectiva general sobre la caja de actividad motora, se confirma la importancia de la electrónica en la ciencia médica y la necesidad de proveer una herramienta que permita un mejor análisis de los procesos conductuales a los investigadores. Partiendo de lo antes visto se desarrolló una caja de actividad motora para el apoyo de instituciones de investigación y así mismo en particular al laboratorio de Neurofarmacología de la Benemérita universidad Autónoma de Puebla que sigue la línea de investigación de enfermedades neurodegenerativas.

# CAPÍTULO 2

## **Diseño del Hardware.**

El diseñar un sistema electrónico demanda diferentes criterios que puedan llevar a la implementación del mismo, etapas como el hardware, el firmware y el software son partes del diseño y deben ser consideradas de forma relevante ya que cada una permite que el sistema trabaje de forma coordinada. En la actualidad con el avance de la tecnología la implementación de cada parte debe ser muy específica.

### 2.1 Hardware.

El hardware siendo una de las principales etapas de un sistema cumple funciones tales como obedecer las órdenes del firmware, sensar, monitorear y almacenar información, transmitir las señales eléctricas para las comunicaciones con otros dispositivos, etc. La tarjeta electrónica diseñada para la caja de actividad motora es un sistema Digital compuesto principalmente de un micro controlador Pic de la familia 16fxxx, el cual se encarga de controlar los periféricos de entrada de salida y el tráfico de datos hacia la Pc.

El circuito electrónico de la caja de actividad motora es un sistema Digital que permite manipular los parámetros obtenidos, de esta forma se tiene el control de los datos y posteriormente pueden ser trabajados desde un equipo de cómputo. Para visualizar el funcionamiento total del

hardware se debe desglosar cada uno de los bloques que lo conforman, a continuación, se mencionan cada uno de ellos:

- Detección de movimiento.
- Amplificación de señales infrarrojas.
- Acondicionamiento de señal Digitales.
- Micro controlador Pic.
- Protocolos.

## 2.2 Detección de movimientos.

Una de las partes primordiales del sistema es la detección de movimientos mediante sensores infrarrojos, esta etapa es la encargada de monitorear la actividad física de la rata. Cuando la rata es ingresada al área de experimentación, una serie de sensores infrarrojos instalados a lo largo de la caja interpretarán los movimientos que posteriormente mediante los protocolos serán ingresados al equipo de cómputo e interpretados por un software.

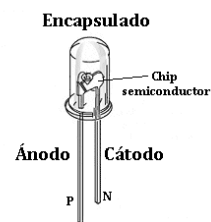
Los sensores infrarrojos son diodos emisores de luz no visible para el ojo humano, son componentes eficaces de fácil adquisición y muy económicos con respecto a otras tecnologías, su funcionalidad y uso son muy adaptables a cualquier tecnología su implementación es muy variada en el mercado, caso contrario de algunos componentes que requieren una mayor aplicación para hacer uso de ellos, por esto el uso de estos sensores se hace primordial para la implementación del proyecto. A continuación, se hace mención más profunda de estos:

### Diodos infrarrojos / Sensores infrarrojos.

El diodo IRLED (del inglés Infrared Light Emitting Diode) [15], emite un tipo de radiación electromagnética llamada infrarroja que es no visible para el ojo humano porque su longitud de onda es mayor a la del espectro visible. En la Figura 2.1 A) se observa el símbolo electrónico de un diodo infrarrojo, Figura 2.1 B) se muestra un led infrarrojo con sus diferentes partes que lo componen, Figura 2.1 C) se observa el rango del espectro que abarca la luz infrarroja.



(A)



(B)

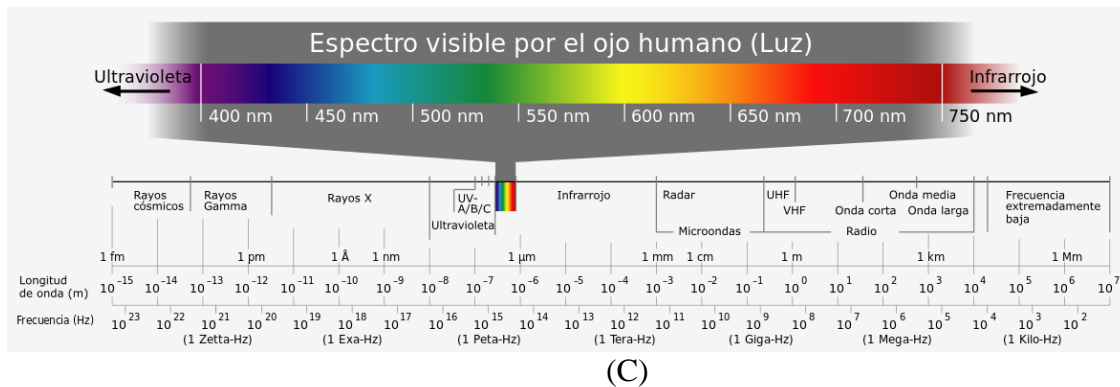


Figura 2.1. (A) Símbolo electrónico. (B) Partes primordiales del led infrarrojo. (C) Espectro electromagnético.

Otros componentes utilizados a la par que funcionan como receptores de luz infrarroja son el fototransistor y foto diodo. El funcionamiento del fototransistor se ejecuta cuando los rayos infrarrojos (IR) entran dentro y donde encuentra un material piroeléctrico natural o artificial, normalmente formando una lámina delgada dentro del nitrato de galio (GaN), nitrato de Cesio (CsNO<sub>3</sub>), derivados de la fenilpirazina, y fetalocianina de cobalto. Normalmente están integrados en diversas configuraciones. El fotodiodo es un dispositivo que conduce una cantidad de corriente eléctrica proporcional a la cantidad de luz que lo ilumina o incide.

La etapa para la detección de movimientos se conforma por un fotodiodo emisor y un fotodiodo receptor, colocados de frente entre ellos figura 2.2, El diodo emisor envía un haz de luz hacia el receptor, esta señal al ser interrumpida por algún objeto envía un dato al hardware para la interpretación y almacenamiento de esté. Debido a que la corriente de salida del receptor es muy pequeña, rondando en los 120 mA requiere de una etapa de potencia para evitar pérdidas de información.

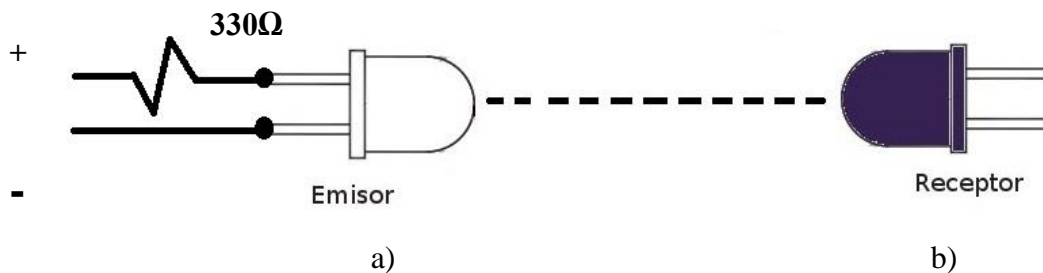


Figura 2.2. Posición de leds infrarrojos colocados para la emisión y recepción a) Emisor con resistencia de protección. B) Diodo receptor.

El diodo emisor es alimentado con un voltaje de 5vdc al cual se le coloca una resistencia de 3300 Ω para controlar el paso de la corriente hacia él y de esta manera evitar que pueda quemarse.

### Características del led utilizado.

Máxima Corriente: 5mA  
Nombre de la marca: CHANZON  
Máxima Tensión directa: 1.2-1.5V  
Corriente directa máxima: 20mA  
Máxima Tensión inversa: 5V  
Número de modelo: 100F5T-IR-FS-940NM  
Tipo: LED IR

### Apertura de incidencia correcta del infrarrojo.

Todo componente que genera luz, consta de un ángulo de apertura que particularmente lo diferencia entre otros dispositivos. Un factor a tomar en cuenta es la apertura del emisor y receptor infrarrojo que es de  $30^\circ$ , figura 2.3. La apertura del led emisor provoca que la luz incida sobre los receptores laterales y esta no pueda ser interrumpida como se muestra en la figura 2.4, provocando un error en la lectura. Para evitar este tipo de problemas es necesario reducir el ángulo de emisión como también de recepción; para resolver este inconveniente se colocan en los leds unas capuchas de thermofit para reducir el ángulo, ya que se requiere un ángulo aproximado de  $5^\circ$  como máximo. La figura 2.5 muestra el ángulo correcto reducido con thermofit.

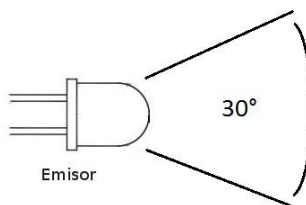


Figura 2.3. Apertura led infrarrojo  $30^\circ$  aproximadamente.

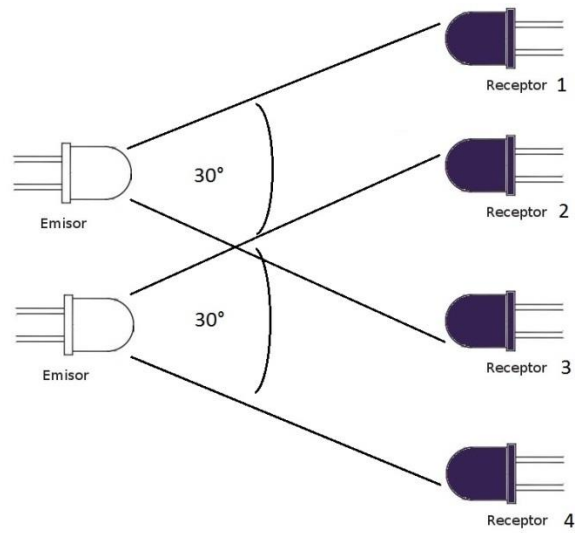


Figura 2.4. En la imagen se muestra el error provocado por los leds con ángulo de 30°, esto al incidir la misma luz sobre receptores alternos, provocando falsas lecturas.

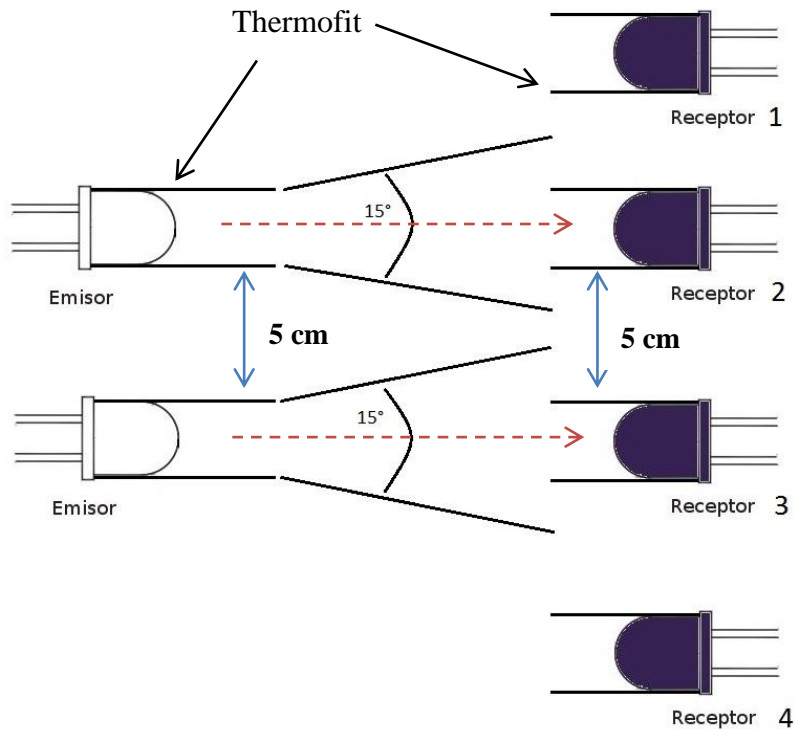


Figura 2.5. En la figura se observa los diodos emisores y receptores con Capuchas de thermofit que reducen el ángulo de apertura y eliminan el error provocado por los leds laterales.

## Caracterización de movimientos y desplazamientos.

El sistema infrarrojo está constituido por dos pares de barras cada una de ellas por un “Emisor y Receptor” separadas a una distancia de 11.5 cm, una colocada en la parte inferior que permite monitorear parámetros como movimientos y desplazamientos y una segunda en la parte superior que evalúa erguidos figura 2.6. Apéndice 1.

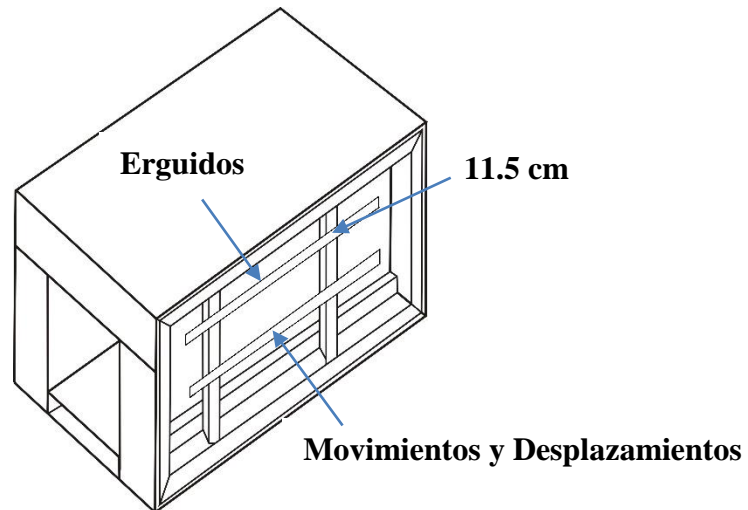
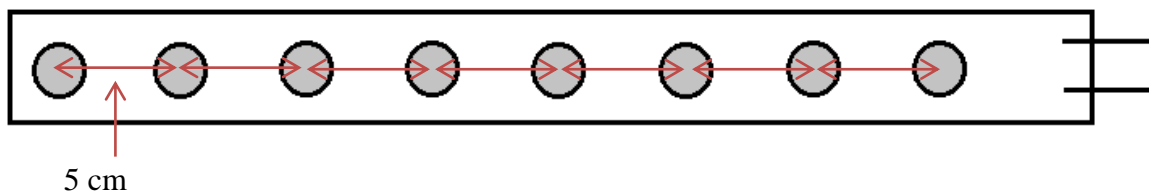


Figura 2.6. Separación de las barras para la detección de Movimientos, Desplazamientos y Erguidos.

El circuito electrónico que conforma la línea de sensores infrarrojos emisor y receptor, está constituido por 8 fotodiodos colocados en paralelo a una distancia de 5cm Figura 2.7. La separación entre los fotodiodos tiene la finalidad de poder estudiar roedores de 11 cm a 21 cm de longitud como Máximo (Figura 2.8). La caracterización de los parámetros que pueden ser evaluados son movimientos, desplazamientos y erguidos: un **Movimiento** es todo sensor interrumpido, un **Desplazamientos** es la interrupción de dos sensores continuos y un **Erguido** es el bloqueo de cualquier sensor de la barra superior.



A) Emisor.

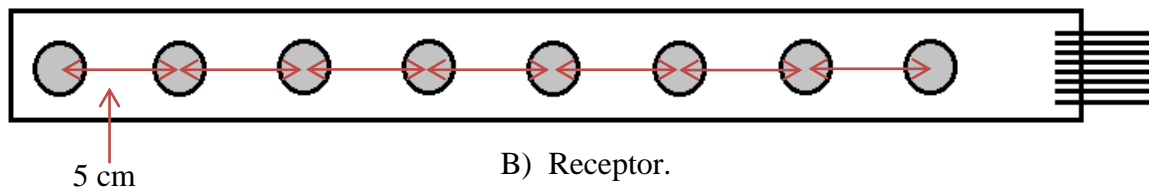


Figura 2.7. En la figura A) se muestra la barra emisora constituida por 8 fotodiodos emisores cada uno separado por 5 cm. Figura B) se muestra la barra receptora integrada por 8 fotodiodos cada uno separado a 5cm.

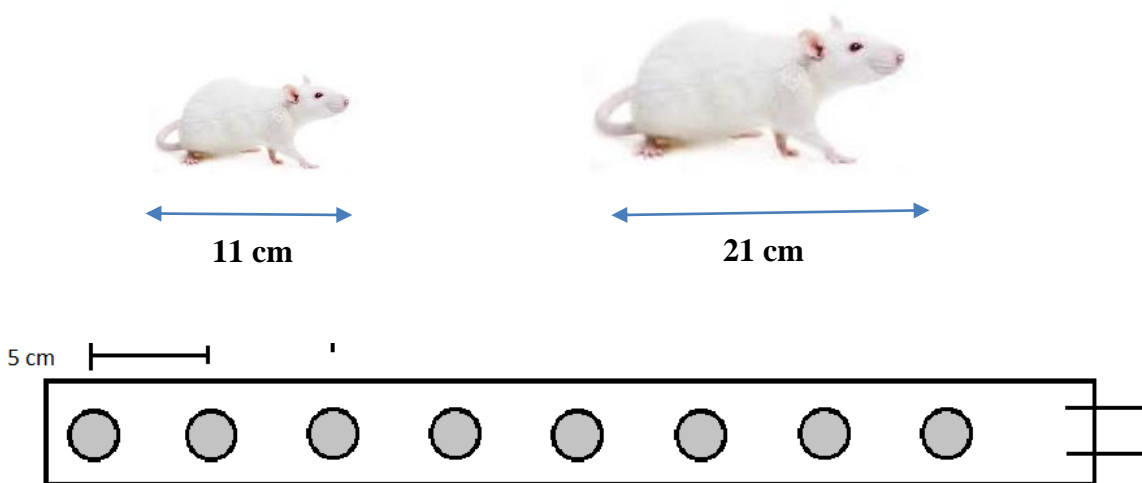


Figura 2.8. En la figura se muestra la separación de los sensores y tamaño de la rata mínima y máxima que pueden ser estudiadas.

Las dimensiones exactas de la caja de actividad motora en campo cerrado se pueden consultar en el apéndice 1 “Diseño de caja”.

### Circuito electrónico Emisor.

El circuito electrónico emisor figura 2.9, está diseñado en el software ExpressPCB el cual está conformado por un fotodiodo emisor y una resistencia de  $330\Omega$ , esta impide que se quemé el fotodiodo por exceso de corriente, su voltaje de alimentación es de 5VDC, en la figura 2.10 se observa la posición real de las barras emisoras en la caja de actividad motora.

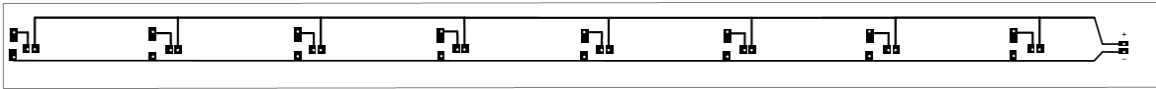


Figura 2.9. Circuito electrónico de la placa emisora, se observa las pistas para los leds infrarrojos y las resistencias de 330H.

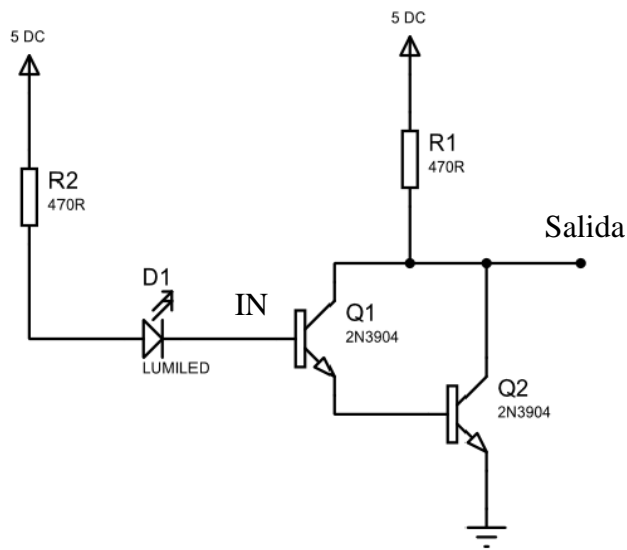


Figura 10. Imagen que muestra los sensores en la caja de actividad motora.

## Sistema Receptor.

El diodo receptor infrarrojo es un componente que recibe la luz proveniente del emisor al cual entre más luz incida tendrá un flujo de corriente mayor. La corriente que entrega este dispositivo es insuficiente para ser interpretada por el microcontrolador, por ello es necesario pasarla por una etapa de amplificación que consta de un arreglo de transistores en configuración Darlington, figura 2.11 (A) que amplifican la corriente de salida, posteriormente es ingresa a una tercera que invierte la señal y estabiliza los voltajes.

El circuito amplificador está constituido por una resistencia de  $470\Omega$  que protege al diodo receptor, posteriormente se tienen 2 transistores NPN de matrícula 2N3904 [16] y una resistencia R1 de  $470\Omega$  figura 2.11 (A). En la figura 2.11(B) se muestra una tabla de verdad de la respuesta de salida con respecto a la entrada debido a que la configuración de amplificación invierte la señal de entrada. En la figura (C) se muestra el circuito y placa electrónica del sistema amplificador de señal diseñado en el software ExpressPCB.



A)

Tabla de verdad	
Entrada	Salida
1	0
0	1

B)



C)

Figura 2.11. Figura A) Configuración de amplificación. B) Tabla de verdad, Entrada vs Salida. C) Placa Electrónica.

## Acoplamiento de señales Digitales.

La señal de salida del sensor de un sistema de medición en general se debe procesar de una forma adecuada para la siguiente etapa de la operación. La señal puede ser, por ejemplo, demasiado pequeña y sería necesario amplificarla; podría contener interferencias que eliminar; ser no lineal y requerir su liberalización; ser analógica y requerir su digitalización, etc. A todas estas modificaciones se les designa en general con el término acondicionamiento de señal. Por lo tanto, es necesario utilizar un módulo acondicionador de señal para modificar dicha salida y convertirla en una señal de corriente de tamaño adecuado.

Existen diferentes formas de acondicionamiento de señales de acuerdo al sistema que se esté trabajando. En el sistema diseñado la señal de salida es inversa es decir cuando se recibe luz del emisor la salida tiende a un 0 lógico y cuando no hay recepción un 1 lógico para ello se hace uso de una compuerta TTL la cual es un integrado inversor con numero de parte SN74LS04 [17]

Figura 2.12 (A) el cual su funcionamiento consiste en ingresar un dato por una de sus entradas y a la salida entrega el inverso ver tabla de verdad figura 2.12 (B), está constituido por 6 inversores internos Figura 2.12 (C).

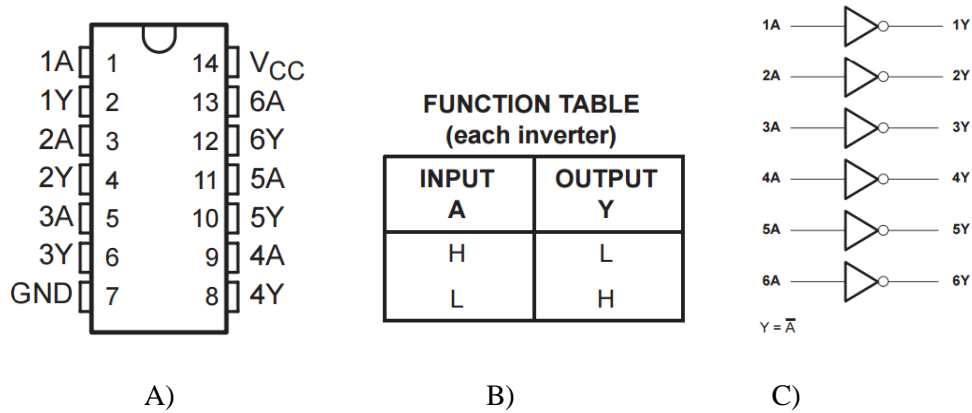


Figura 2.12. A) Compuerta inversora TTL SN74LS04. B) tabla de verdad. C) Compuertas internas.

La etapa amplificadora genera variaciones de voltaje provocadas por la recepción del diodo infrarrojo. Para ayudar a esto una de las características del integrado TTL es permitir que los niveles de salida se mantengan estables aun cuando a la entrada pueda haber diferencias de voltaje.

Tomando como base el integrado descrito se propone un arreglo de dos compuertas lógicas TTL SN74LS04 figura 2.13 (A) por cada barra receptora, ya que cada compuerta está conformada por 6 inversores internos figura 2.13 (B).

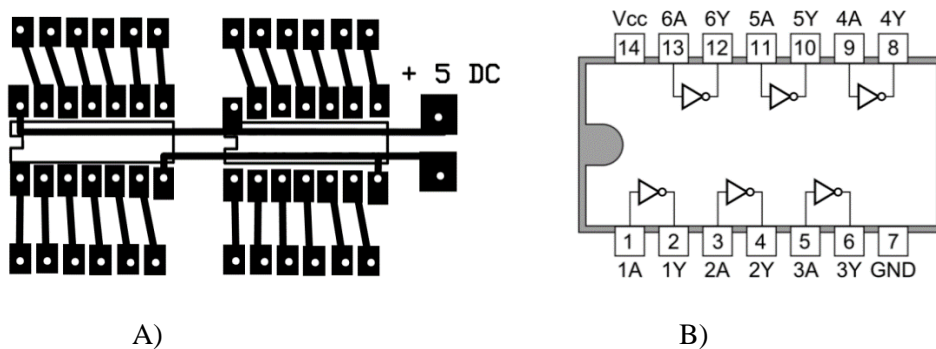
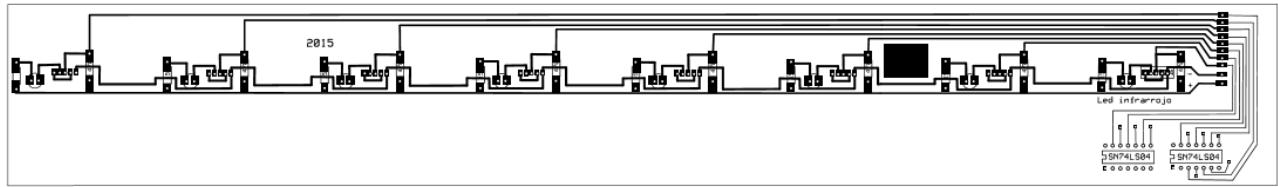


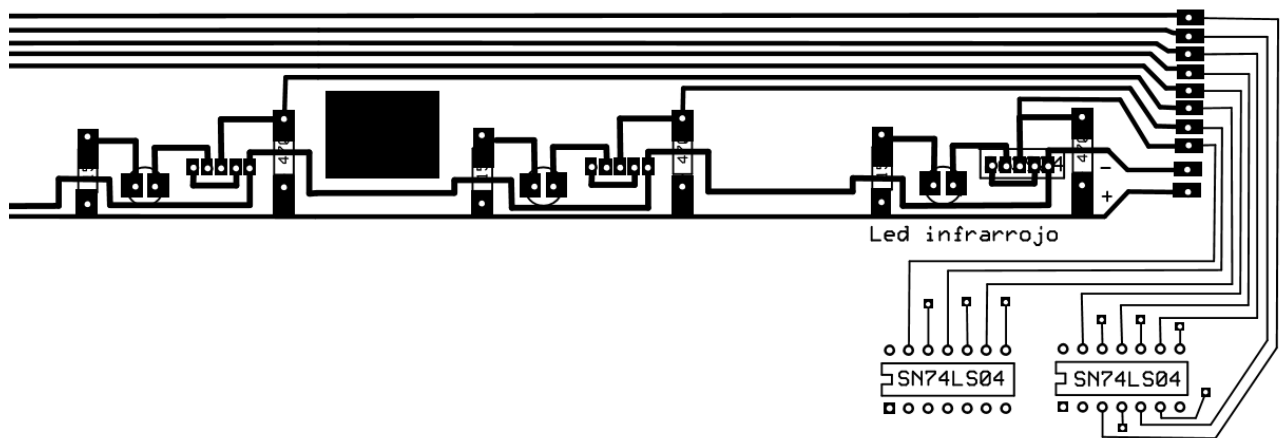
Figura 2.13. A) Arreglo inversor conformado por dos compuertas lógicas. B) Compuerta lógica SN74LS04.

El circuito propuesto para la etapa receptora se muestra en la figura 2.14 (A), donde se observa la integración de las 3 etapas (Recepción infrarroja, amplificación e inversión de señal),

figura 12.14 (B) se observa a detalle la interconexión y los componentes que conforman la placa, así como la salida de las compuertas hacia el microcontrolador.



A)



B)

Figura 12.14. Figura A) se observa el circuito completo de la barra receptora. Figura “B” se observa la imagen ampliada de la interconexión con las compuertas TTL y salidas al microcontrolador.

### 2.3 Tarjeta controladora “Microcontrolador”

Un Microcontrolador es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos Figura 2.15. Estas partes están interconectadas dentro del Microcontrolador, y en conjunto forman lo que se le conoce como microcomputadora. Se puede decir con toda propiedad que un Microcontrolador es una microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado.

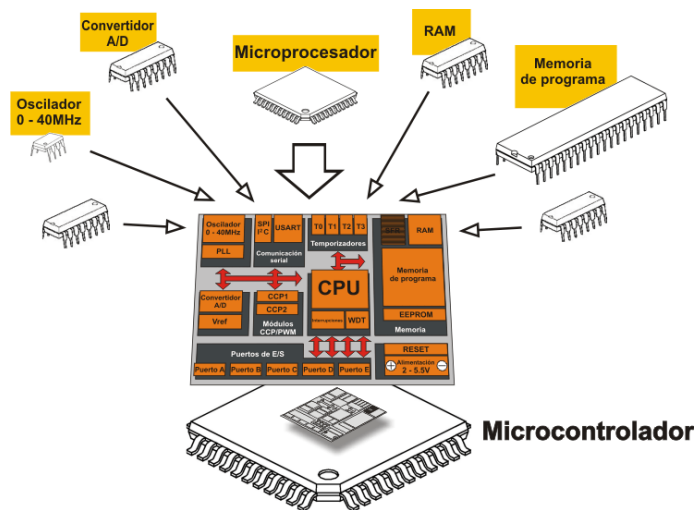


Figura 2.15. Interior de un Microcontrolador PIC.

### Microcontrolador usado.

En la gran diversidad de microcontroladores que existen en el mercado uno de los más utilizados por sus prestaciones y precio es el microcontrolador Pic16f877 [18] éste cuenta entre su amplia gama de características con 44 pines de los cuales 33 son entradas y salidas, una velocidad de operación 20 Mhz, 8 canales analógicos de 10 bits, puerto serial entre otras características, existe una gran variedad de encapsulados todos en un mismo modelo cómo son: 44-Pin QFN, 40-Pin PDIP, 44-Pin PLCC, 44-Pin TQFP, dentro de los cuales el más usado es el encapsulado PDIP. Este modelo es el utilizado en el proyecto y es la base primordial del sistema pues controla el flujo de los periféricos de entrada y salida. Por fines prácticos se escogió el integrado de montaje superficial 44-Pin TQFP figura 2.16.

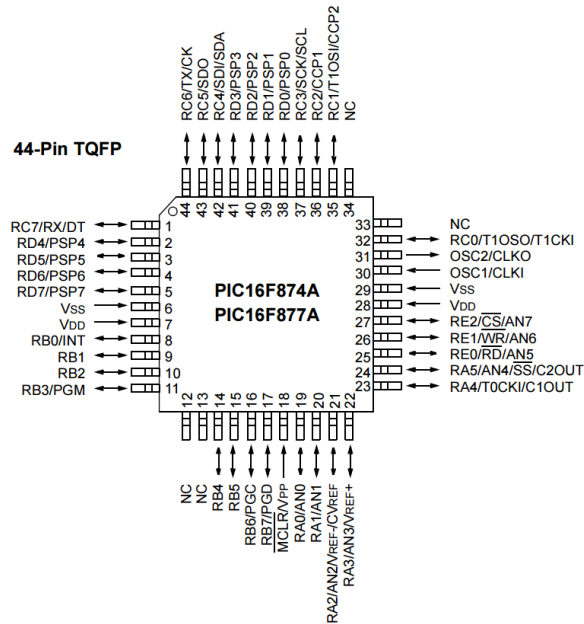


Figura 2.16. Encapsulado TQFP Pic 16F877A.

Algunas de las características del PIC16F877A se mencionan en la siguiente tabla 1.

Key Features	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	8K
Data Memory (bytes)	368
EEPROM Data Memory (bytes)	256
Interrupts	15
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E
Timers	3
Capture/Compare/PWM modules	2
Serial Communications	MSSP, USART
Parallel Communications	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	8 input channels
Analog Comparators	2
Instruction Set	35 Instructions
Packages	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

Tabla 1. Tabla de características del PIC16F877A

## Oscilador.

Los integrados PICS siendo muy sofisticados por sus características requieren de una configuración externa para su funcionamiento. El microcontrolador requiere de un oscilador que le indique a qué velocidad debe trabajar, ya que este dependerá del programador de acuerdo a su necesidad. Este circuito, es muy simple, pero de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema. El PIC16F877 puede utilizar cuatro tipos de oscilador diferentes.

- RC. Oscilador con resistencia y condensador.
- XT. Cristal (por ejemplo, de 1 a 4 MHz).
- HS. Cristal de alta frecuencia (por ejemplo 10 a 20 MHz).
- LP. Cristal para baja frecuencia y bajo consumo de potencia.

En el momento de “programar o quemar” el microcontrolador se debe especificar qué tipo de oscilador se usa. Esto se hace a través de unas líneas de código en el software.

El tipo de oscilador utilizado es el HS con un cristal de 20 MHz y capacitores de 22p. En la tabla 2 se observan el tipo de oscilador a configurar, la frecuencia que permanece al tipo y el valor de capacitor correspondiente a la frecuencia a configurar.

Osc Type	Crystal Freq.	Cap. Range C1	Cap. Range C2
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	200 kHz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	47-68 pF	47-68 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15 pF	15 pF
	8 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	20 MHz	15-33 pF	15-33 pF

Tabla 2. Tabla de valores de capacitores de acuerdo al oscilador utilizado.

En la figura 2.17 se muestra la interconexión básica del oscilador con el microcontrolador.

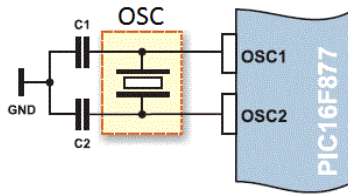


Figura 2.17. Interconexión del oscilador al pic.

Como se observa en la figura 2.17, el oscilador se conecta a las terminales OSC1 Y OSC2 del encapsulado TQFP de montaje superficial, las terminales son 30 y 31 y los dos extremos de los capacitores se conectan a tierra GND.

### El Reset en el Microcontrolador.

En los microcontroladores se requiere configurar el MCLR (master clear) a 1 lógico el cual funciona como un pin de reinicio por posibles fallas en su funcionamiento.

El reset por MCLR se consigue llevando momentáneamente este pin a un estado lógico bajo “0”, el MCLR es necesario para el funcionamiento del pic. Mientras que el watchdog WDT produce el reset cuando su temporizador rebasa la cuenta, o sea que pasa de 0FFh a 00h. Cuando se quiere tener control sobre el reset del sistema se puede conectar un botón como se muestra en la figura 2.18.

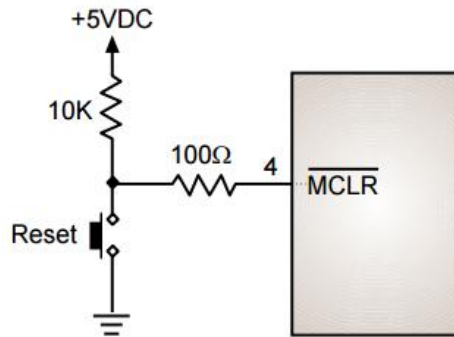


Figura 2.18. Configuración del MCLR como pin de reinicio.

## Alimentación

Como todo circuito algo muy fundamental para determinar un funcionamiento correcto es la alimentación. El microcontrolador requiere de 5 vdc, este voltaje no puede ser superior ya que puede llevar a que el integrado pueda dañarse por sobre carga. Una característica interna del microcontrolador es la protección interna por sobre carga la cual ayuda a cuidar de daños por errores de mala conexión. En la figura 2.19 se muestra el circuito de la fuente regulada, la que supe a la salida de 5 vdc, la cual se diseñó con un regulador de voltaje LM7805 [19].

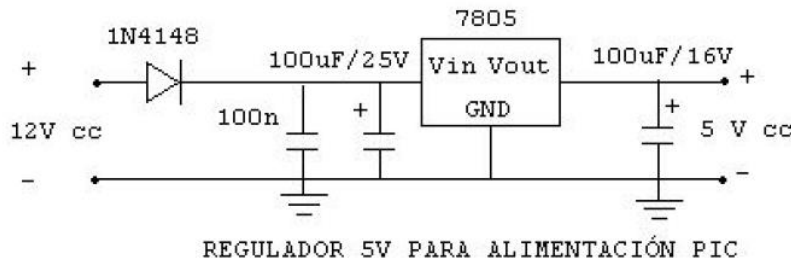


Figura 2.19. Fuente de alimentación para suplir 5 vdc para pic.

## Configuración de terminales.

Cada componente que integra el sistema requiere de una entrada o salida para la configuración de transmisión o recepción de datos, los puertos “A”, “B”, “C”, “D” y “E” del microcontrolador pueden ser configurados como entradas y salidas independientes. La máxima corriente que puede suministrar una línea programada como salida es de 20 mili-amperios, pero si utilizamos todas las líneas del puerto “A” programadas como salida, no deberá exceder de 50mA para todo el puerto “A”. Para el caso de los demás puertos no deberán exceder de 100 mA.

Si se programan como entradas la corriente máxima que puede manejar una sola línea es de 25 mA. Para el caso del puerto “A” programado con todas sus líneas como entradas, la máxima corriente permitida es de 80 mA, en los demás puertos es de 150 mA.

En caso de utilizar periféricos que manejen mayor cantidad de corriente de la especificada, habrá que aplicar un circuito acoplador como los buffers, transistores que se encarguen de controlar la corriente, etc. Para proteger las terminales de la corriente, se coloca una resistencia generalmente de 1 kh.

Las terminales que se derivan del PIC hacia los sensores no deben quedar sin voltaje de referencia ya que puede generar un dato erróneo ocasionado por ruido. Cada terminal debe estar a nivel bajo o “0” lógico pues al interrumpir algún sensor genera un cambio de estado a “1” lógico el cual es interpretado como un bloqueo por el software, ver tabla 3. La configuración adecuada para cada terminal del que derive a un sensor del microcontrolador, se observa en la figura 2.20.

El circuito está conformado por dos resistencias, una de ellas con valor de 10k conectado a masa y una segunda de 1k conectada al pic, la función de las dos resistencias es switchear entre masa y el módulo sensor cuando este es bloqueado.

Estado del sensor	Entrada Transistor	Salida de Transistor	Entarda Inversor	Salida Inversor
Bloqueado	0	3.54	3.54	0
No Bloqueado	1.24	0.7	0.7	5

Tabla 3. Tabla de estados de los sensores Bloqueos/No Bloqueados.

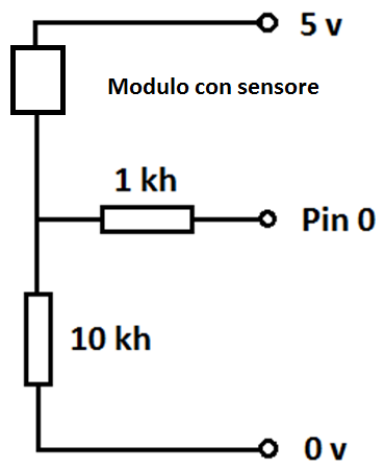


Figura 2.20. Configuración para generar un 1 al ser bloqueado el sensor.

En la siguiente figura 2.21, se observa la interconexión básica para el funcionamiento del microcontrolador, así como la configuración de switcheo para los sensores de entrada.

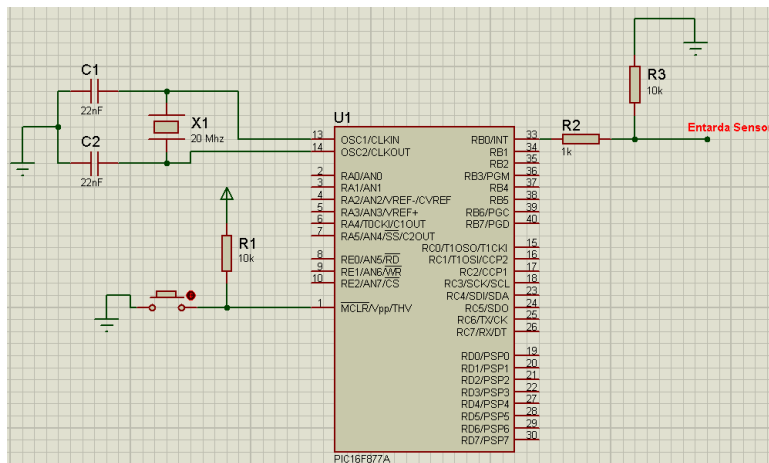


Figura 2.21. Figura que muestra la interconexión de los diferentes componentes. El arreglo por la terminal B0 se realiza de la misma manera para todo el puerto “B y D”. El puerto B consta de 8 entradas para los movimientos y el puerto D de 8 puertos para los engrudos.

## 2.4. Protocolo de comunicación.

Un parámetro importante del diseño electrónico de la caja de actividad motora es la comunicación múltiple entre dispositivos y en particular hacia la PC. Un protocolo integrado en el microcontrolador es el puerto RS-232 [20] este permite de forma serial enviar datos hacia otros dispositivos punto a punto, es decir que solo permite la conexión de 1 dispositivo a la vez figura 2.22. Puesto que el sistema requiere la conexión múltiple y el protocolo integrado no lo permite se debe hacer uso de otro dispositivo que permita la conexión; el integrado RS-485 [21] dispone de este parámetro figura 2.23.

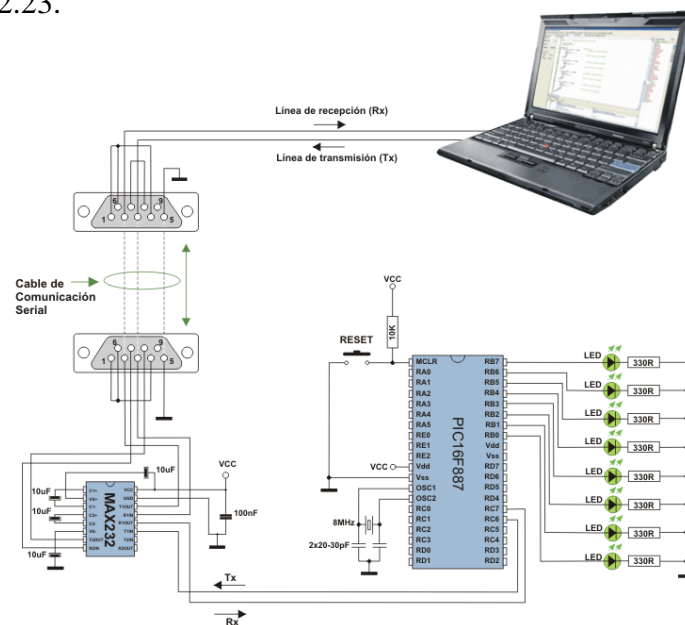


Figura 2.22. Se muestra la interconexión entre un pc y un Microcontrolador por comunicación RS-232 de forma serial, se observa que solo pueden ser conectados 2 dispositivos a la vez mediante este protocolo.

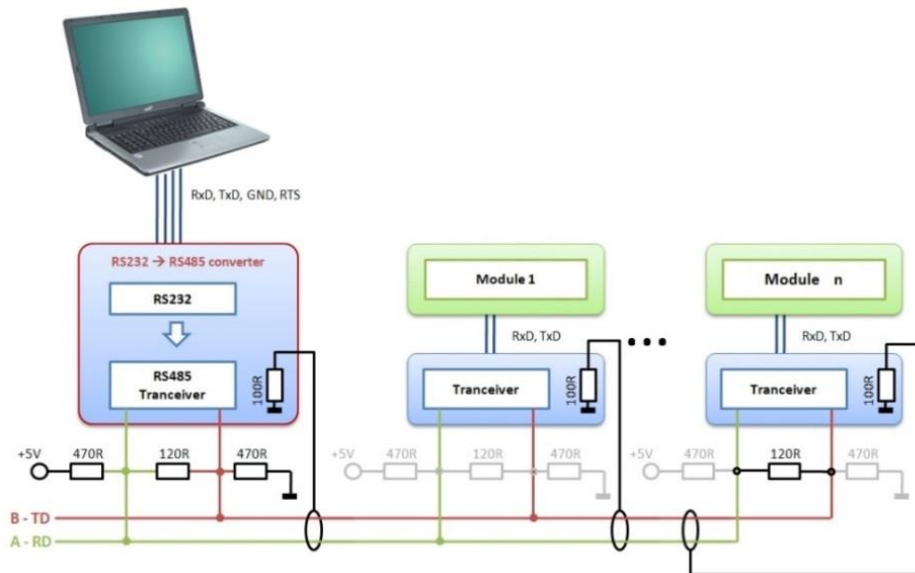


Figura 2.23. Imagen que detalla la interconexión de una PC a múltiples sistemas conectados sobre la misma línea de comunicación gracias al protocolo RS-485, en el cual se observa que el pc solo cuenta con protocolo RS-232 y requiere de la conversión de del protocolo RS-485.

## Que es el protocolo RS-485

RS-485 o también conocido como norma TIA/EIA-485-A [22], que lleva el nombre del comité que lo convirtió en estándar en 1983. Está definido como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbps hasta 10 metros y 100 Kbps en 1.200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1.200 metros operando entre 300 y 19200 bps, la forma de transmisión puede ser half-duplex o full-duplex. Soporta 32 transmisiones y 32 receptores. La transmisión diferencial permite múltiples drivers dando la posibilidad de una configuración multipunto. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite diferentes configuraciones.

## Características del protocolo

- Es una mejora sobre RS-422 ya que incrementa el número de dispositivos que se pueden conectar (de 10 a 32) y define las características necesarias para asegurar los valores adecuados de voltaje cuando se tiene la carga máxima.
- RS-485 soporta distintos tipos de conectores como pueden ser DB-9 y DB-37.
- Puede soportar hasta 32 nodos (equipos emisores/receptores) conectados por cada segmento de red.
- El Bus RS485 puede instalarse tanto como sistema de 2 hilos o de 4 hilos.
- Interfaz diferencial (Balanceada).
- Conexión multipunto

- Alimentación única de +5V
- Hasta 32 estaciones (ya existen interfaces que permiten conectar 128 estaciones)
- Velocidad máxima de 10 Mbps (a 12 metros)
- Longitud máxima de alcance de 1.200 metros (a 100 Kbps)

## Señal balanceada en el RS-485

La razón por la que RS-485 puede transmitir a largas distancias, es porque utiliza el balanceo de líneas [23]. Es decir, en este estándar hay dos canales independientes conocidos como A y B, que transmiten niveles de voltaje iguales, pero con polaridades opuestas (VOA y VOB o simplemente VA y VB). figura 2.24, De esta forma, cualquier interferencia que pueda introducirse en el cableado lo hará en ambos hilos por igual, con la misma polaridad y amplitud. En el receptor, las señales se restituyen en polaridad y los picos de ruidos que se habían introducido con la misma polaridad al invertirse las señales, se neutralizan y se eliminan entre sí, recuperando de esta forma la señal útil que se desea transmitir.

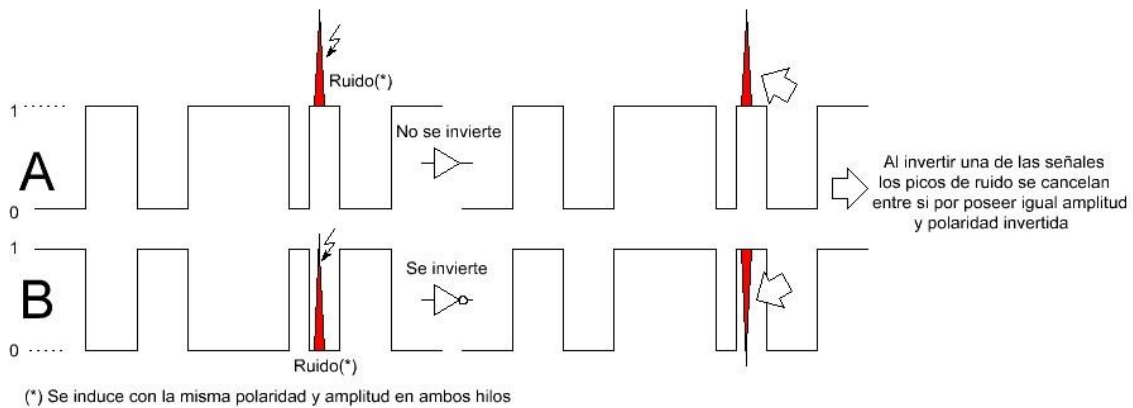


Figura 2.24. En la imagen se observan las señales A y B de una señal transmitida por un par trenzado, donde una de ellas esta invertida con respecto a la otra, al invertir una de ellas se eliminan los picos generados en la línea.

En la figura 2.25 se observa la transmisión de una señal por un par de cables trenzados “A y B” con diferentes polaridades, en la cual se observa el ruido inducido en la línea, posteriormente a la salida del amplificador diferencial es recuperada de forma adecuada. En la ecuación 2.1 se observa el cálculo matemático que define que el ruido inducido en la línea no afecte la transmisión.

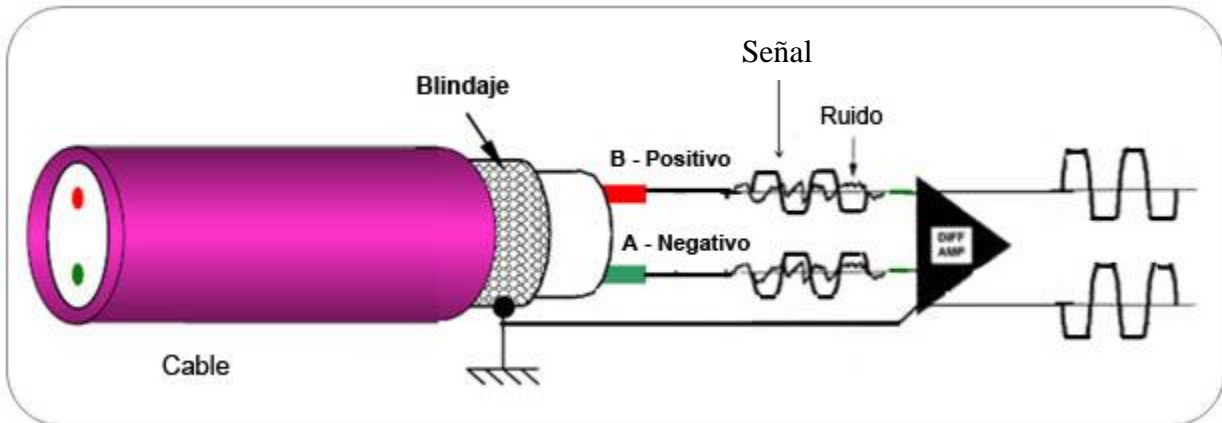
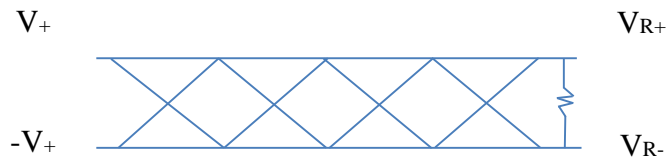


Figura 2.25. Se observa la señal balanceada y desbalanceada, dando como resultado la señal original sin perturbaciones.



$$\Delta V_K = V_{R+} - V_{R-}$$

$$V_{R+} = V_+ + V_R$$

$$V_{R-} = -V_+ + V_R$$

$$\Delta V_R = (V_+ + V_R) - (-V_+ + V_R)$$

$$\Delta V_R = V_+ + \cancel{V_R} + V_+ - \cancel{V_R}$$

$$= 2V_+$$

Ecuación 2.1 Cálculo matemático de cómo se recupera la información sin ruido en una transmisión con protocolo RS485.

## La Comunicación RS-485 en Modo Half Duplex

El término Half Duplex en un sistema de comunicación se refiere, a que solamente en un tiempo determinado el sistema puede transmitir o recibir información, sin embargo, no lo puede

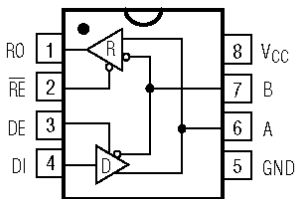
hacer al mismo tiempo, la tarjeta de adquisición de datos utiliza este tipo de transmisión para comunicarse con la PC y las demás cajas.

Como se puede observar en la figura 2.27, existe una línea de control, la cual habilita la dirección de transmisión y recepción. Por lo tanto, se debe tener cuidado de no transmitir y recibir al mismo tiempo, ya que se podría crear una superposición de información.



Figura 2.27. Se observa la configuración electrónica para la comunicación Half Duplex, así como 2 terminales de control para habilitar el envío y recepción de datos. TX y RX son terminales seriales provenientes de los diferentes dispositivos.

En su interior el integrado cuenta con un transmisor y un receptor de datos el cual se observa en la figura 2.28 representado con R el receptor y con D el emisor, la descripción de cada una de las terminales se describe a continuación:



# Terminal	Puerto	Función.
6 - 7	A - B	Terminales dedicadas al envío de datos hacia otros dispositivos. La señal se encuentra entre ellas desfasada 180° para la eliminación de posibles ruidos en la línea. Pata 6 señal normal y pata 7 señal invertida.
5	GND	Tierra del integrado
8	VCC	Terminal de alimentación +5 DC.
1	RO	Terminal dedicada a la recepción de datos, la cual se conecta al RX(Receptor) del Pic.
4	DI	Terminal dedicada a la transmisión de datos la cual se conecta a la terminal TX(Transmisor) del Pic.
2 - 3	RE -DE	Terminales dedicadas a la comunicación entre el transmisor (D) y receptor (R) en la comunicación tipo Duplex. Para la habilitación se requiere conectar a un solo punto del Pic las dos terminales intercambiando los bits entre 0 y 1 para el envío o recepción. La terminal RE se encuentra invertida a la entrada.

Fig 2.28. Max 485 y sus terminales de funcionamiento.

## Configuración del MAX485 con el PIC16F877A.

La configuración electrónica entre el microcontrolador y el integrado Max485 se observa en la figura 2.29, donde las terminales TX y RX del pic van unidas respectivamente a las terminales RO y DI del Max para la transmisión. Para habilitar el envío o recepción de datos se hace uso de una terminal del pic C3, si el estado de la terminal es 0 lógico se estará habilitando la recepción y si el estado lógico es 1 estará en modo envío de datos.

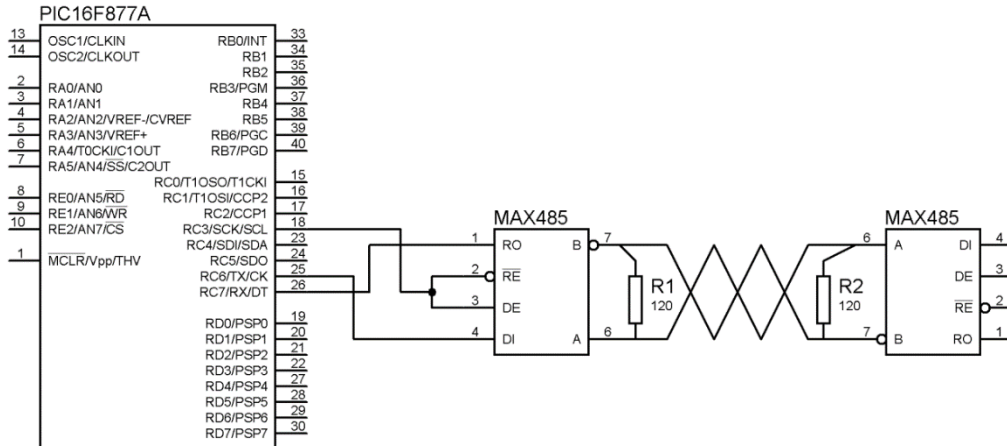


Figura 2.29. Diagrama que muestra la interconexión entre protocolos RS-232 del Microcontrolador y el RS-485 del Max.

## 2.5 Módulo adaptador de comunicación RS-485 a USB.

El estándar de protocolos que integra un equipo de cómputo no permite la comunicación múltiple entre dispositivos, por ello se cuenta con un módulo que permite el intercambio de protocolo serial o USB a RS-485, de esta forma se puede transmitir la información obtenida por la tarjeta de adquisición hacia la pc y dispositivos. En la figura 2.30, se muestra el módulo adaptador USB/RS485 utilizado y algunas de sus características.

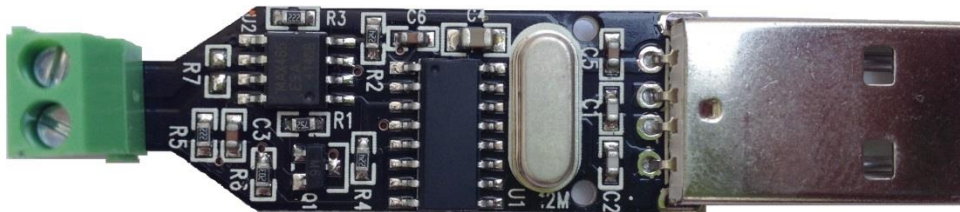


Figura 2.30. Modulo RS-485 a USB

#### Características:

- Adaptador convertidor de USB a RS-485.
- Alimentación por puerto USB.
- Compatible con USB 2.0 estándar y USB1.1
- Sistemas operativos: Windows xp, vista, Windows 7, linux, MacOS y WinCE5.0
- Soporta baudios Rango de tarifas: puntos básicos-115200bps, hasta 6 Mbps
- Comunicación distancia: 1200 m (max).
- Precio \$16.00 MX.
- Switcheo entre envío y recepción automática.

## 2.6 CIRCUITO PROPUESTO.

El circuito electrónico de la caja de actividad motora está conformado por diversas etapas que permiten el estudio sistemático de un problema. Las partes fundamentales de la tarjeta previamente vistas son: Fotodiodo infrarrojo, Etapa de amplificación de señal (transistores), Etapa inversora, Módulo MAX485, Microcontrolador PIC16F877, Módulo RS-485/USB. En la figura 2.31 se observa el circuito completo de la tarjeta de adquisición para la caja de actividad motora en campo cerrado.

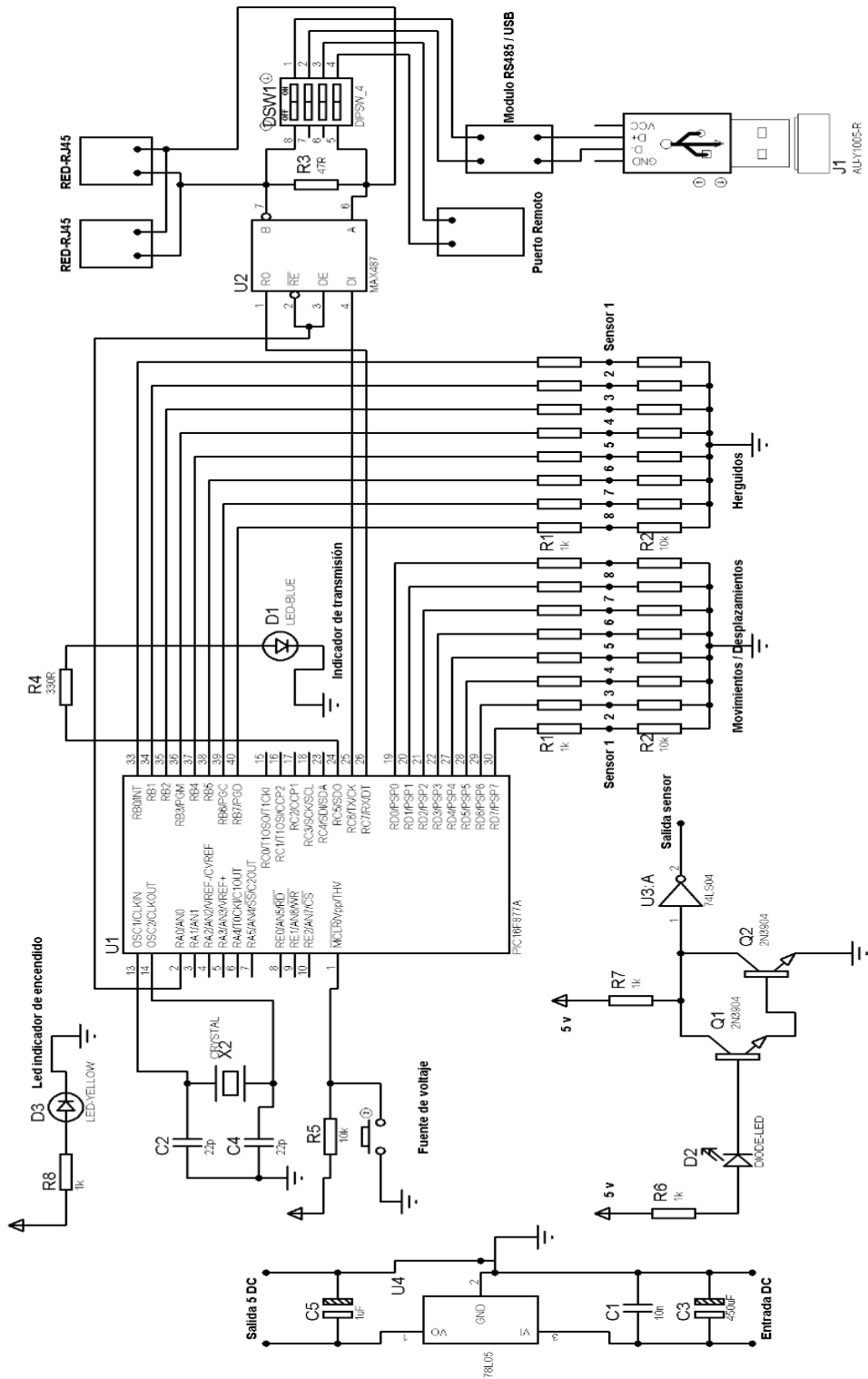


Figura 2.31. Imagen que muestra el circuito electrónico propuesto.

En las figuras 2.32 se observa la PCB o placa electrónica diseñada en el software ExpressPCB, así como sus entradas y salidas. Figura 2.33 se visualiza los componentes electrónicos que son parte fundamental del sistema para su implementación.

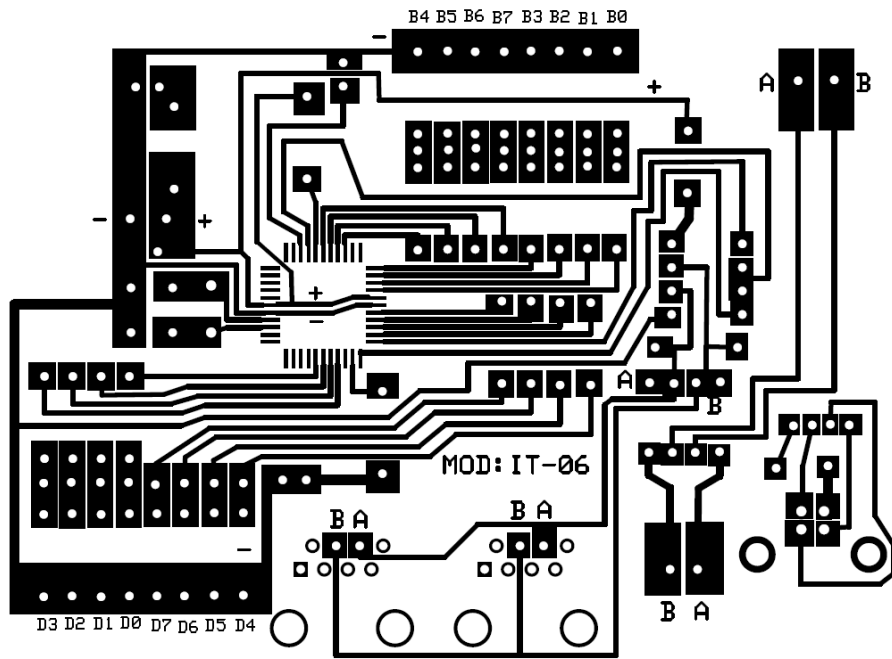


Figura 2.32. Circuito impreso final donde se contiene cada una de las etapas que conforma el proyecto caja de actividad motora.

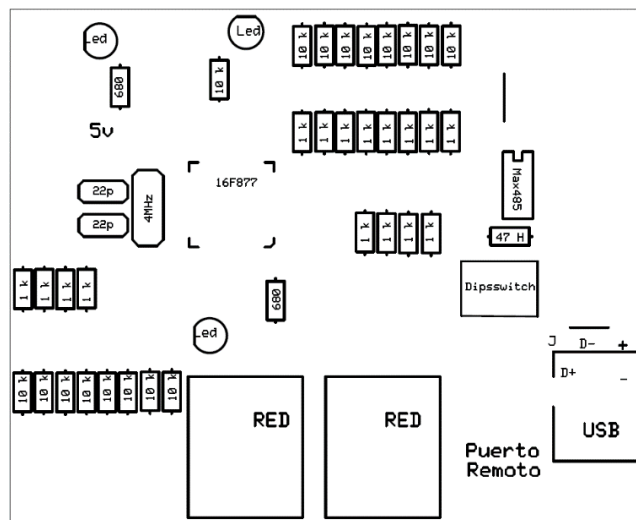


Figura 2.33. Posición de componentes en placa electrónica.

Figura 2.34 se observa las placas del emisor y receptor de los sensores infrarrojos.

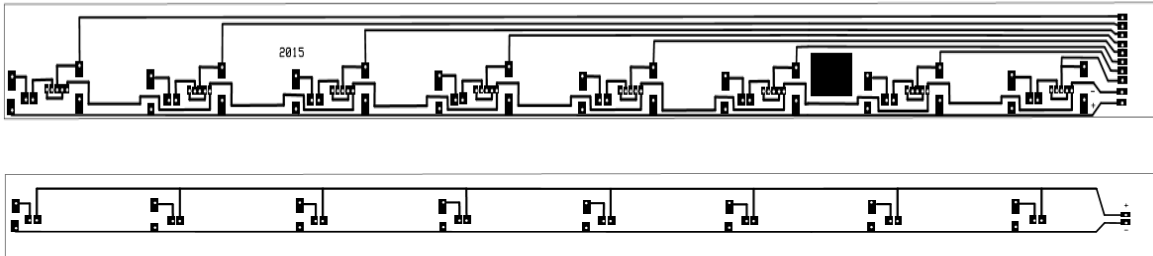


Figura 2.34. Imágenes que muestran las placas emisora y receptora de los sensores infrarrojos.

## 2.7. Programación del módulo PIC.

En la actualidad el crecimiento de la tecnología que en su mayoría es programable avanza a grandes pasos, exigiendo nuevos métodos de programación que permitan hacer más fácil y eficientes las tareas. A todo esto, la programación en Hardware camina a la par dando importantes logros en los resultados de proyectos, agilizando procesos y perfeccionando tareas. Es notable la cantidad de software de programación de dispositivos que hay hoy en día para diferentes y múltiples tareas, algunos de los programas para Microcontroladores son: PIC C Copiler, MPLAB X IDE, entre otros.

El software en el cual se trabaja para el proyecto, es él PIC C Copiler figura 2.35, es un ambiente de programación que está basado en lenguaje “C”, por lo cual facilita la programación ya que la estructura en C Copiler es la misma, con la diferencia de algunas palabras reservadas para los Microcontroladores.

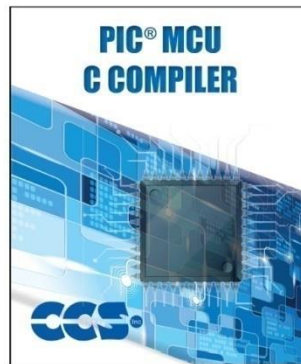


Figura 2.35. Software utilizado para programación de Microcontroladores PIC.

## Programa de PIC.

En el protocolo RS-485 ya antes visto describe el modo de transmisión entre PIC y MAX485 y de la misma manera los recursos con lo que cuenta el PIC. Para hacer un enlace Half dúplex debe a ver al menos en la comunicación un sistema MASTER y un SLAVE, los dispositivos no pueden transmitir al mismo tiempo porque habría un error en la comunicación, para lograr ello el MASTER debe controlar el tráfico de datos, pues es el que indica cual es el dispositivo que responderá a la petición de información, de esta manera se logra una comunicación limpia y segura. Tomando en cuenta lo anterior el PIC16F877A fungirá como SLAVE y la PC como MASTER. El PIC estará en standby esperando la petición del MASTER. Para lograr que solo un SLAVE responda se requiere que cada uno tenga un ID que lo identifique como único, de esta manera al recibir el código de identificación responderá a la petición. Es importante que el MASTER tenga almacenado cada uno de los ID de los dispositivos SLAVE.

Flujo de datos o protocolo de comunicación:

Master.

- Envía el primer ID del primer SLAVE solicitando su estado actual.
- Espera un tiempo x a que responda.
- No hay respuesta hay un error en el SLAVE (No se encuentra). Pasa a otro ID.
- Si responde el SLAVE los datos son recibidos, almacenados e interpretados por el MASTER.
- Envía el ID del segundo o N dispositivos configurados y se repite la rutina.

SLAVE.

- Espera recepción de ID que lo identifica proveniente de MASTER.
- Identifica código.
- Si es el ID correspondiente, responde a la petición de información.
- Si no corresponde el ID vuelve a trabajar internamente y a la par trabaja con interrupción externa esperando una posible petición de información nuevamente.
- Se repite la rutina.

En la en figura 2.36 se observa el diagrama de flujo del programa del microcontrolador PIC16F877A que está programado como SLAVE.

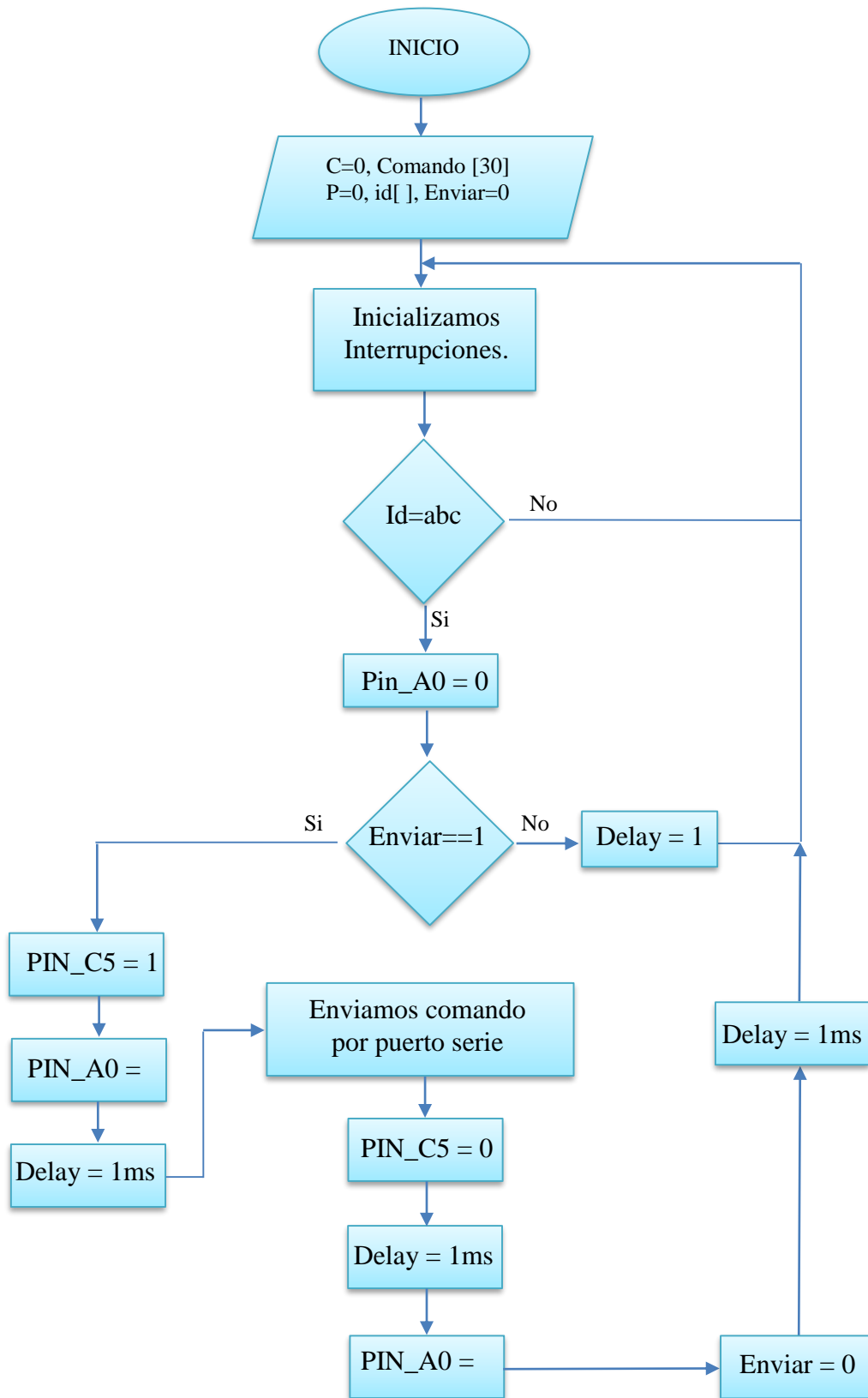


Figura 2.36 Diagrama de flujo del programa del microcontrolador

## **2.8. Conclusiones.**

De acuerdo a las velocidades de transmisión tabla 4. y con base en las pruebas realizadas se obtuvieron mejores resultados en las franjas de velocidades mayores 9600 baudios puesto que a menores velocidades de transmisiones se generaban perdidas de información en este sistema. Algunos de los inconvenientes observados son la interrupción o bloqueo del hardware y perdida de datos en la transmisión, por lo cual se definió que a velocidades mayores tienen menos perdidas en específico para este sistema, siendo la velocidad óptima encontrada para trabajar de 115200 baudios, con esto se define que la velocidad de transmisión a configurar depende de los datos a transmitir, aun así se debe tener en cuenta que a mayores velocidades se reduce la distancia de transmisión por esto, se debe hacer un buen estudio del sistema para evitar en lo mínimo los inconvenientes.

# CAPÍTULO 3

## Software

Con el avance de la tecnología, el uso del software se hace más indispensable para la programación y adquisición de datos de diversos sistemas. La información que se obtiene por medio de dispositivos electrónicos requiere de un pre-procesamiento para obtener las condiciones necesarias antes de ser procesados por un software. La caja de actividad motora en campo cerrado está diseñada en dos partes: una de ellas la parte electrónica y la segunda el intérprete o “Software”, el cual permite visualizar el comportamiento del roedor durante el estudio, así como la adquisición de datos.

### 3.1 Ambiente de programación.

En la gran diversidad de software de programación uno de los más utilizados y conocidos es NetBeans es un entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java(figura.3.1), este entorno permite realizar diversas aplicaciones para diferentes dispositivos electrónicos como pueden ser: Móviles, Tablets, PC entre otros.

La plataforma NetBeans permite que las aplicaciones sean desarrolladas a partir de un conjunto de componentes de software llamados módulos. Un módulo es un archivo Java que contiene clases [24] de java escritas para interactuar con las APIs [25] de NetBeans y un archivo especial (manifest file) que lo identifica como módulo. Las aplicaciones construidas a partir de módulos pueden ser extendidas agregándole nuevos módulos. Debido a que los módulos pueden ser desarrollados independientemente, las aplicaciones basadas en la plataforma NetBeans pueden ser extendidas fácilmente por otros desarrolladores de software



Fig 3.1. Entorno de desarrollo NetBeans para la programación en Java.

Cuando se habla de facilitar el diseño, en ocasiones el desarrollo de software suele ser complejo por las características que determinan un equipo, así como el grupo de personas al que será dirigido. Parte fundamental en este desarrollo es la compatibilidad para cualquier dispositivo; una facilidad que permite el ambiente java es instalar en casi cualquier dispositivo los programas diseñados, esto es asociado por los recursos mínimos que requiere para ser ejecutado, algunos de ello son:

- Windows 10
- Windows 8.x (escritorio)
- Windows 7 SP1
- Windows Vista SP2
- Windows Server 2008 R2 SP1 (64 bits)
- Windows Server 2012 y 2012 R2 (64 bits)
- RAM: 128 MB
- Espacio en disco: 124 MB para JRE; 2 MB para Java Update
- Procesador: Mínimo Pentium 2 a 266 MHz
- Exploradores: Internet Explorer 9 y superior, Firefox

En contraparte el software Netbeans requiere diferentes recursos [26] para ser ejecutado en un equipo.

### 3.2 Estructura de programación.

Cuando se desarrolla un programa se deben seguir una estructura única vigente de acuerdo al software que se está utilizando. La modularidad de NetBeans permite que todas las funciones del IDE sean provistas por módulos, los cuales proveen una función bien definida, tales como el soporte de Java, edición, o soporte para el sistema de control de versiones. NetBeans contiene todos los módulos necesarios en un solo paquete para el desarrollo de aplicaciones Java, permitiéndole al usuario comenzar a trabajar inmediatamente.

El ambiente de programación se compone de diferentes bloques, cada uno de ellos tiene una tarea específica. Una de las partes fundamentales en Java es un lenguaje diseñado para trabajar bajo un entorno gráfico o con interfaz gráfica. Los archivos del programa Java son almacenados en un archivo con extensión “.java”, que posteriormente cuando se compila pasan a hacer “.class”. En la ventana de NetBeans (figura 3.2), aparecen tres pestañas a manera de ejemplo que permiten mostrar distinta información en ese panel: **Proyectos**, **Archivos** y **Prestaciones**. Al seleccionar la pestaña **Archivos**, se muestra una lista con las carpetas y archivos que se crean automáticamente al generar un proyecto.

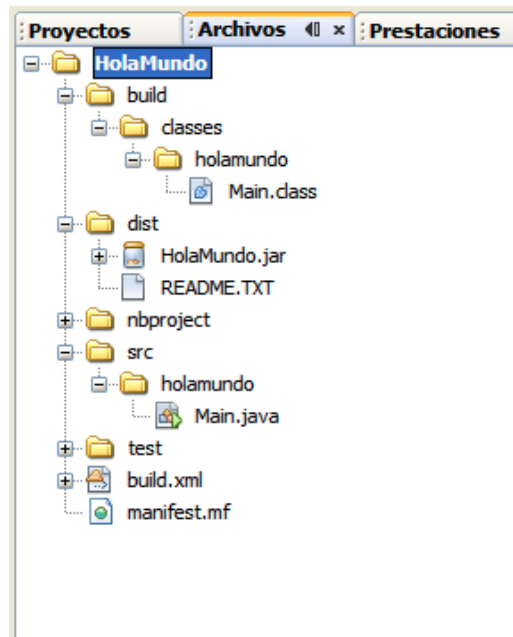


Figura 3.2. Ventana de programación NetBeans.

Las **carpetas** de más interés son las siguientes:

- La carpeta “**build**” contiene las clases compiladas (.class).
- En la carpeta “**dist**” se crea un archivo comprimido con la extensión “.jar” que contiene todos los archivos necesarios para distribuir la aplicación generada y que pueda ser ejecutada.

- La carpeta “**src**” almacena los archivos con el código fuente (.java) que hemos escrito o que forman parte de la aplicación.

La estructura de organización en NetBeans es mediante paquetes (packages), son la forma en la que Java nos permite agrupar de alguna manera lógica los componentes de nuestra aplicación que estén relacionados entre sí.

Los paquetes permiten poner en su interior casi cualquier cosa como: clases, interfaces, archivos de texto, entre otros. De este modo, los paquetes en Java ayudan a darle una buena organización a la aplicación ya que permiten modularizar o categorizar las diferentes estructuras que componen nuestro software en la (figura 3.3) al seleccionar la pestaña **Projects** se observa los paquetes que conforman el programa.

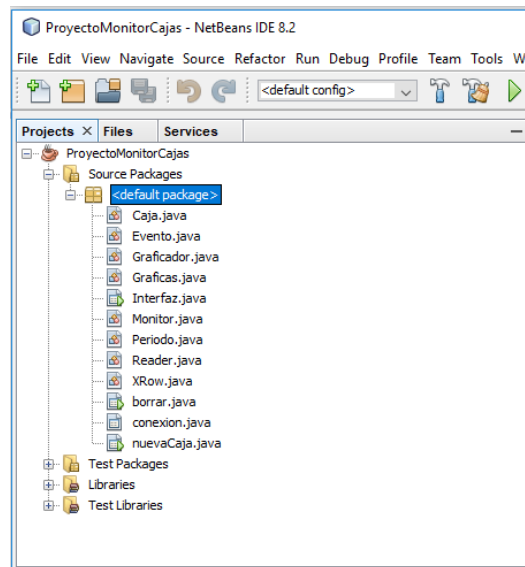


Figura 3.3. Conjunto de paquetes contenidos en el software RmotionSensorR7.

**Caja:** Bloque de programación dedicado a contener los parámetros de la caja. Id, tiempo, periodos, descripción etc.

**Evento:** Cuadro de funciones para determinar cuándo se genera un movimiento, desplazamiento y erguido.

**Graficador:** Función dedicada a interpretar los datos obtenidos para generar un ambiente gráfico.

**Gráficas:** Procesa la información y la gráfica.

**Interfaz:** Comunicación de interfaz gráfica, Botones, configuración entre otros.

**Monitor:** Controla procesos internos como es: la comunicación serial, monitoreo de cajas activas y confirmación de nuevas cajas.

**Periodo:** Apartado dedicado a la configuración de “PERIODOS” que se realizarán durante un estudio.

**Reader:** Lector de cajas configuradas en un estudio, procesa información obtenida y la envía al monitor para ser procesada.

**Xrow:** Dedicado a estructurar la información y poder exportar los datos a Excel.

**Borrar:** Selector para borrar datos.

**Conexión:** Pestaña para la configuración del puerto de comunicación hacia las cajas.

**Nueva Caja:** Indicador para configurar una nueva caja.

Las líneas de programación se encuentran almacenadas en cada uno de los paquetes; para poder interpretar cada una de ellas se consigue generar un diagrama, el cual permite describir la secuencia de interconexión, el diseño y la estructura; de esta manera es más fácil la comprensión del mismo, en la (figura 3.4) se observa el flujo de datos en el software realizado.

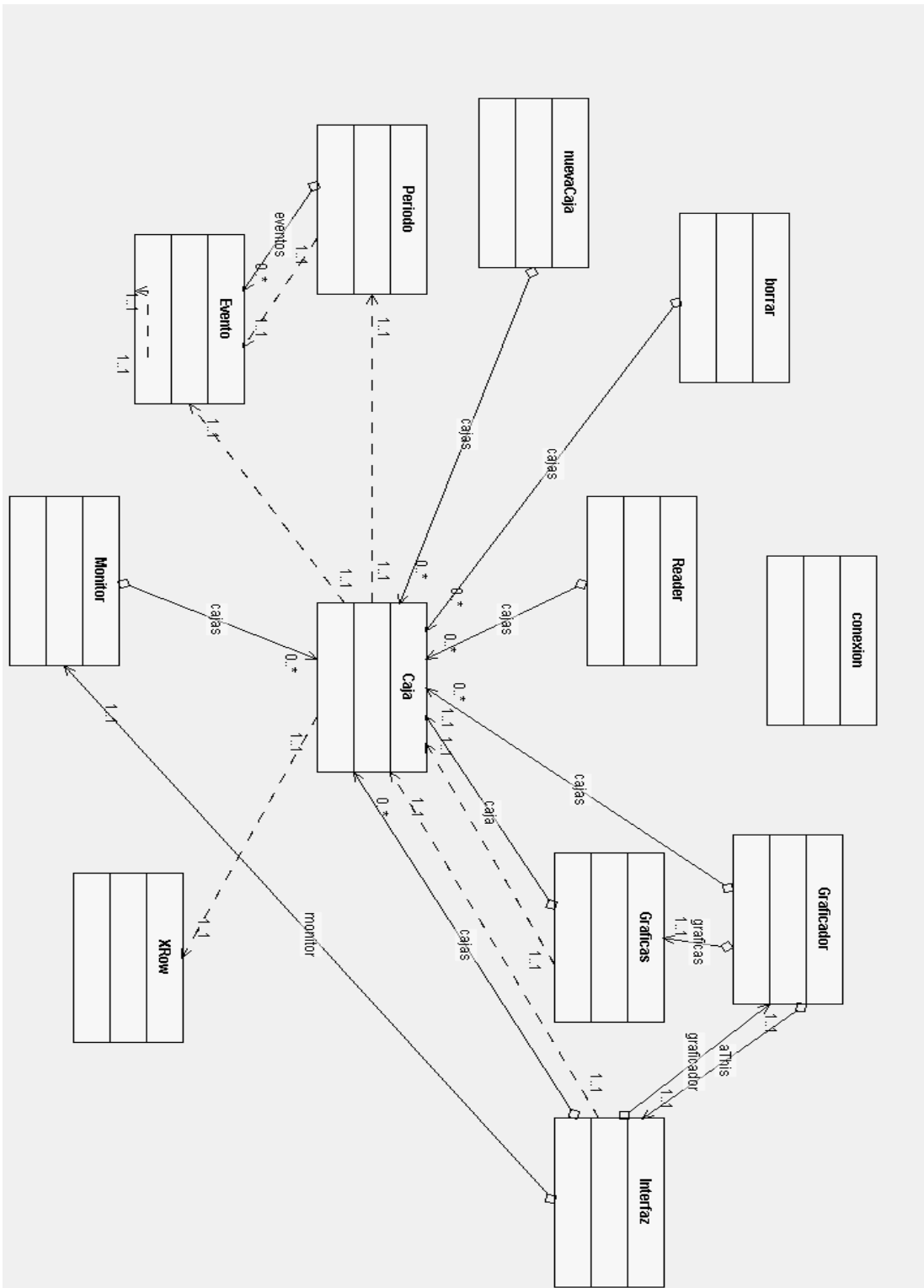


Figura 3.4. Diagrama del Software RmotionR7

NetBeans, nos facilita la creación de programas y aplicaciones al procurar un entorno de desarrollo gráfico (figura 3.5); en él se puede visualizar automáticamente los resultados en una ventana llamada terminal que se encuentra ubicada en la parte inferior del área de desarrollo de del programa.

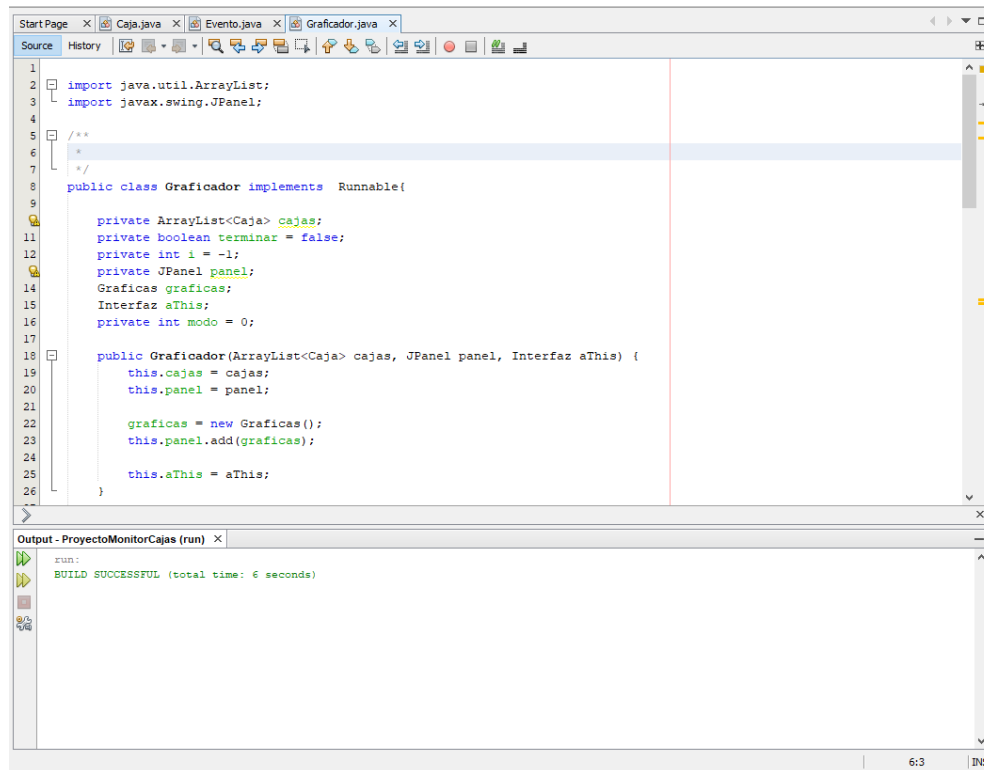


Figura 3.5. Interfaz gráfica o entorno de programación NetBeans. Se observan dos áreas o ventanas, una de ellas la sección de líneas de programación y como segunda, la terminal virtual de resultados.

### 3.3 Descripción del Software RmotionSensorR7

Siendo necesario una aplicación que apoye la gestión de datos obtenidos durante un experimento se realizó un software denominado **RmotionSensorR7** (figura 3.6). El programa está basado principalmente en el protocolo RS-485[22] este funge como sistema “MASTER”[27], el cual controla el tráfico de datos en los dispositivos conectados en la RED. El proceso se lleva a cabo cuando el sistema master requiere la información de uno de los dispositivos en la Red llamados también “ESCLAVOS” cada uno de ellos identificado con un “id” o “código” propio, esto permite que solo un dispositivo responda a la petición. Con este argumento se permite una correcta transferencia de información entre ellos. El programa permite conectar simultáneamente en Red

hasta un máximo de 32 dispositivos o cajas de actividad motora permitiendo mayores resultados en corto plazo.

El Software es una aplicación para PC basado en Windows, diseñado especialmente para el estudio de ratas de laboratorio el cual ofrece una sencilla pero efectiva gestión de datos y reducción de tiempo en los experimentos en proceso.

El programa cuenta con múltiples parámetros configurables por el experimentador lo que facilita realizar un experimento funcional. En la (figura 3.6) se muestra la pantalla principal del programa, algunos de los parámetros son: Periodos, tiempo, configuración de cajas, puerto de comunicación entre otros.

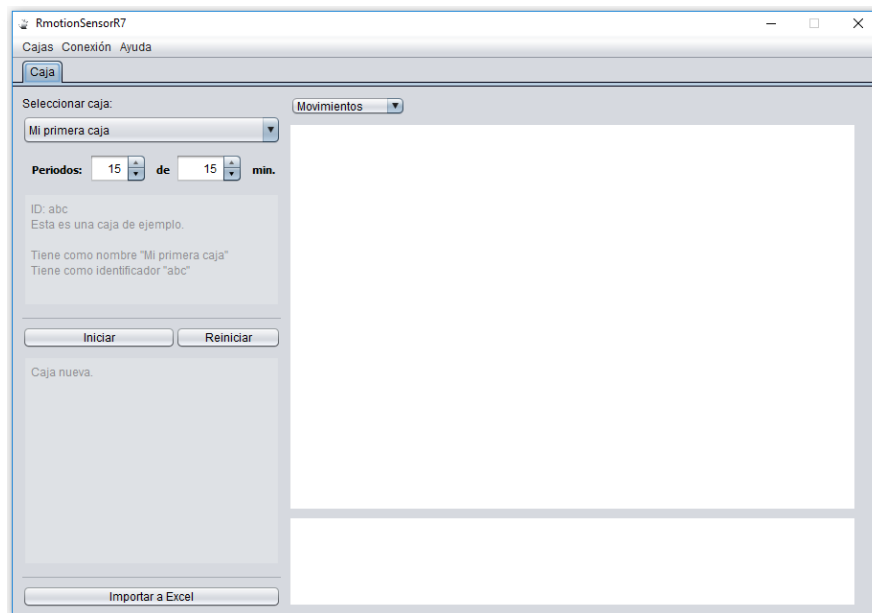


Figura 3.6. Pantalla principal del software RMotionSensorR7 donde se observan diferentes parámetros todos ellos configurables por el experimentador de acuerdo al tipo de experimento a llevar a cabo.

Las funciones que se pueden encontrar en el software de cada uno de los parámetros del programa se mencionan a continuación haciendo énfasis en su aplicación general:

**Conexión:** Parámetro que permite configurar el puerto de comunicación “COM” de la PC hacia el dispositivo electrónico.

**Cajas:** Pestaña de configuración, elimina o agrega cajas existentes. Si se desea configurar una nueva caja se requieren parámetros como nombre, ID y comentarios sobre el experimento.

**Periodos:** Periodos asignados a un experimento.

**Tiempo:** Duración de tiempo asignado a cada periodo.

**Guardar:** Función que respalda en memoria los parámetros configurados por el experimentador.

**Iniciar:** Botón de inicio del experimento.

**Reiniciar:** Reinicio de los parámetros configurados.

**Exportar a Excel:** Función que permite enviar y almacenar los valores obtenidos al formato de Excel.

**Tiempo restante:** Tiempo transcurrido del experimento.

**Gráficas:** Sección de visualización de movimientos y desplazamientos obtenidos con respecto al tiempo.

**Cuadro de Datos Obtenidos:** Tabla de datos obtenidos durante un experimento.

**Barra de sensores:** Indicador de sensores infrarrojos obstruidos por la rata experimental. Al ser bloqueados se visualizan de color verde.

Durante un experimento se tienen parámetros que previamente deben ser configurados en el software, los cuales ya han sido determinados anticipadamente por el tipo de análisis y experimentador, en las siguientes figuras se muestran los pasos a seguir para una correcta configuración:

Pasos básicos para la configuración de una caja de actividad motora con una PC.

1. Conectar la caja por puerto USB.
2. Verificar el id de la caja a trabajar.
3. Inicializar el software.
4. Abrir el puerto COM a utilizar (“activarlo en la pestaña **Conexión**”). (figura 3.7).
5. Configurar los parámetros de la caja: Nombre, id, comentarios sobre el experimento. (“activarlo en la pestaña **Cajas**”) (figura 3.8).
6. Configura periodos y tiempo del experimento. (figura 3.9).
7. Iniciar experimento. (figura 3.10).
8. Exportar datos obtenidos. (figura 3.11).
9. Descripción general del software. (figura 3.12).
10. Software en ejecución. (figura 3.13).

De acuerdo a los pasos anteriores podemos definir un correcto proceso sobre un experimento en curso.

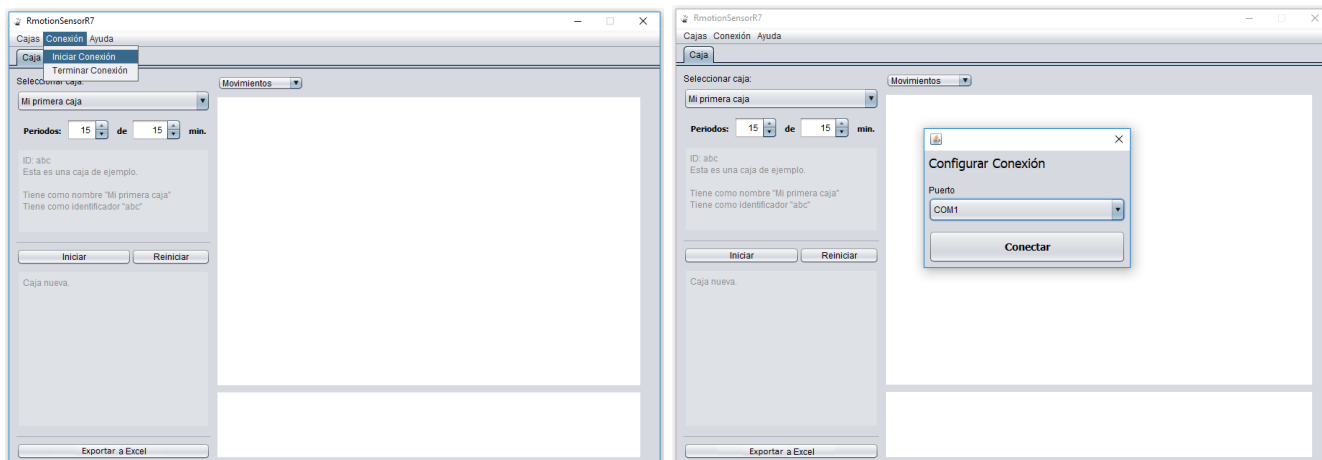


Figura 3.7. Configuración del puerto de comunicación “COM” hacia la caja de actividad motora.

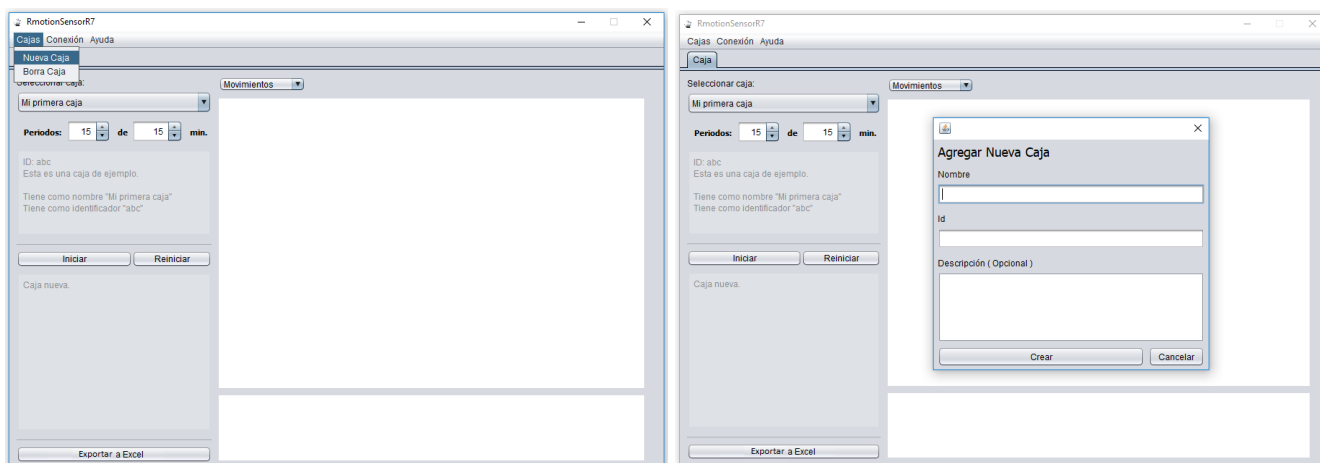


Figura 3.8. Configuración de caja nueva: Nombre, id, comentarios sobre el experimento.

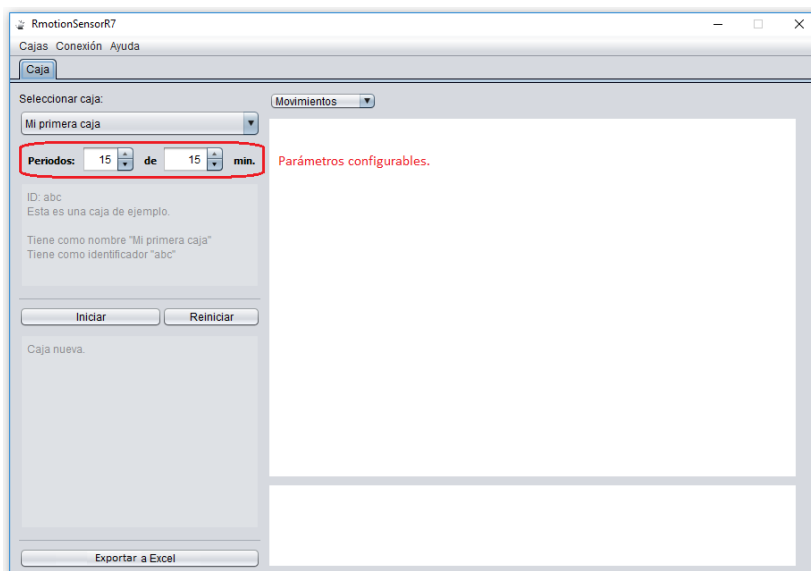


Figura 3.9. Configuración de periodos y duración de cada uno de ellos.

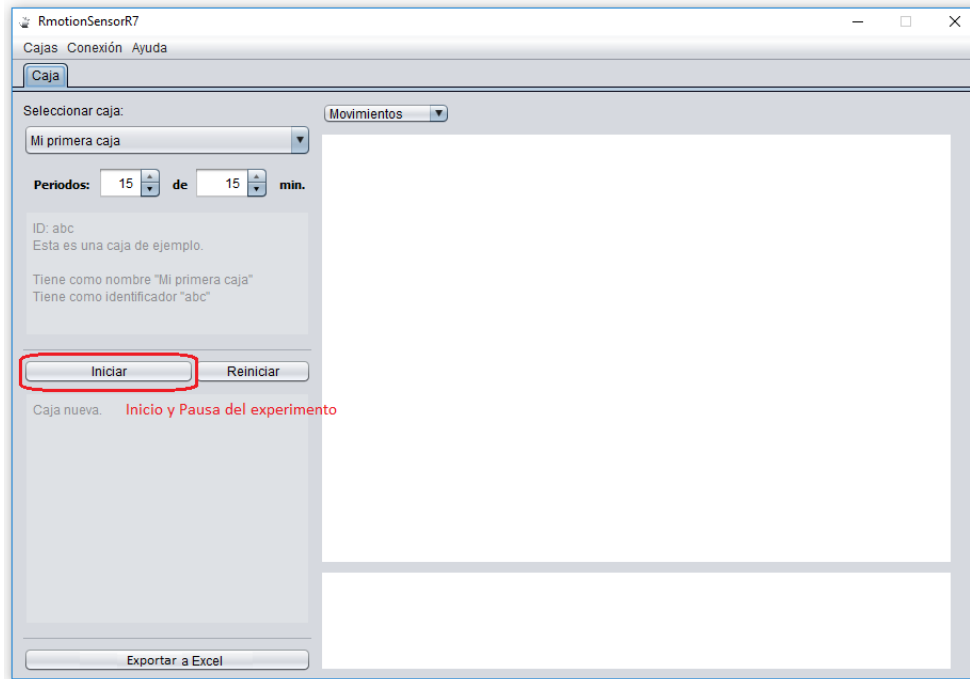


Figura 3.10. Indicador de Inicialización del experimento.

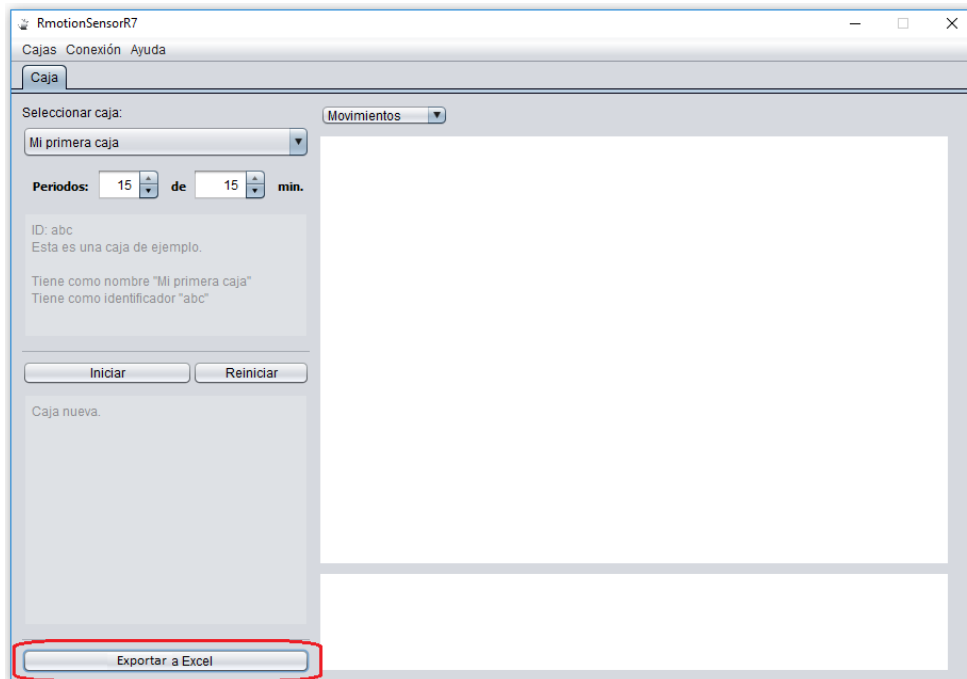


Figura 3.11. Respaldo de datos durante el experimento.

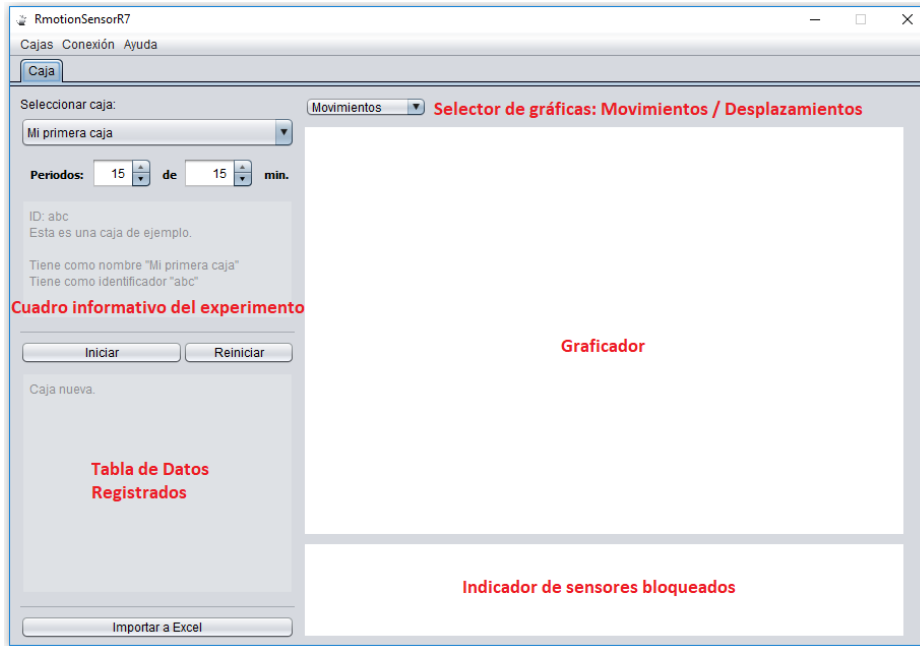


Figura 3.12. Pantalla descriptiva de los cuadros de información

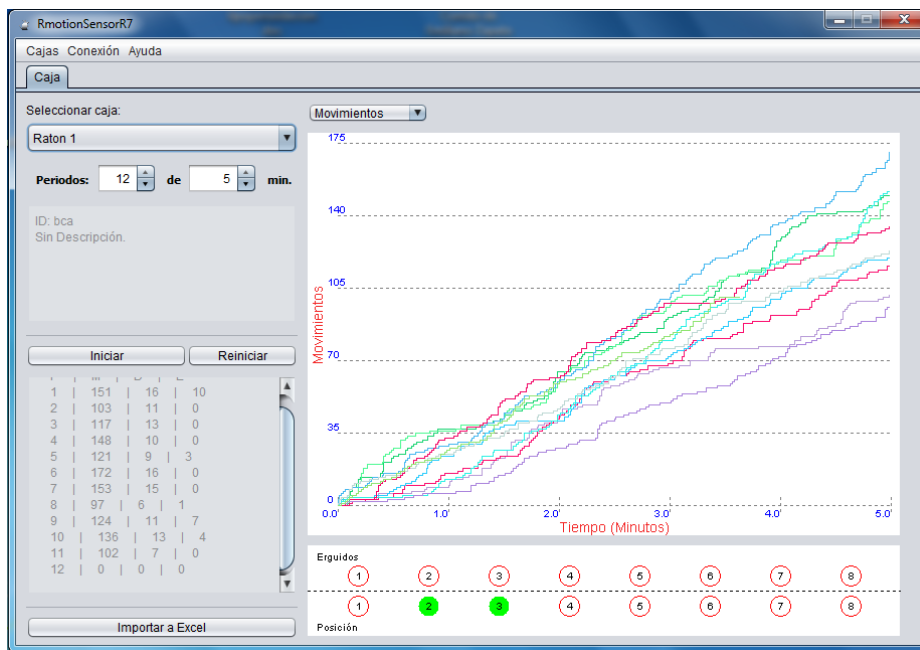


Figura 3.13. En la Figura se observan los diferentes parámetros descriptivos de cada ventana que conforman el software.

Al finalizar un experimento se requiere que los datos obtenidos se almacenen en una base de datos para posteriormente ser analizados y comparados. Una de las características del software es la exportación al formato Excel donde se permite hacer cálculos y estadísticas. Los parámetros obtenidos en la hoja de cálculo son: movimientos, movimientos acumulados, desplazamientos,

desplazamientos acumulados, erguidos y gráficas de cada uno de ellos. En la siguiente figura 3.14. se muestra un archivo respaldado en Excel.

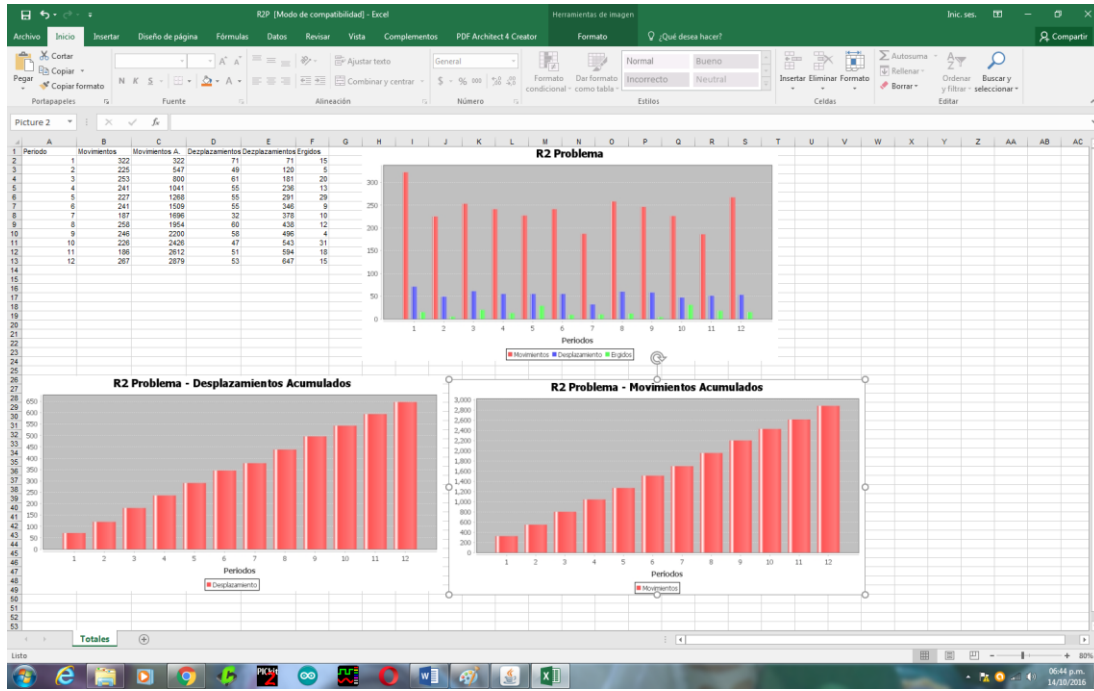


Figura 3.14. Se muestra el formato final en Excel de un experimento en el software RmotionSensorR7.

Las características y requerimientos recomendados por el software RmotionSensorR7 son:

**Características:**

- Comunicación en red hasta 32 equipos.
- Protocolo de comunicación RS485.
- Tasa de transferencia de 115200.
- Respaldo de información en formato Excel.
- Visualización de movimientos de rata.
- Comunicación remota hasta 1.3 km del punto de experimentación.

**Requerimientos:**

- Sistema operativo Windows Vista SP2 / Server 2008 R2 SP1 (64 bits) / 7 SP1 / Server 2012 y 2012 R2 (64 bits) / 8.x / 10 /.
- RAM: 1 GB.
- Espacio en disco: 200 MB
- Procesador: Intel Core o similar.
- Exploradores: Internet Explorer 9 y superior, Firefox

### **3.4 Conclusiones.**

Los experimentos en vivo son muy importantes para evaluar el buen funcionamiento de un sistema electrónico, en ellos se pueden definir muchos parámetros correctos o incorrectos no tomados en cuenta en un prototipo teórico. El software diseñado es parte esencial para la interpretación de datos en pruebas realizadas, se puede concluir que el programa verifica y sustenta la correcta adquisición y toma de datos, así como un beneficio al experimentador en tiempo y calidad de resultados.

# CAPÍTULO 4

## Evaluación experimental

Hoy en día la tecnología es cada vez más precisa lo que permite llevar a cabo técnicas de experimentación más rigurosas de forma que se obtengan resultados más exactos y satisfactorios. Para determinar el funcionamiento de un sistema es necesario evaluar con parámetros reales. Los estudios requieren pruebas estrictas a fondo, por ello se sigue una metodología analítica definida por un experimentador. Los experimentos son llevados a cabo con ratas de laboratorio que permiten arrojar datos reales que posteriormente determinan un correcto o mal funcionamiento del equipo.

### 4.1 Parámetros evaluativos

El diseño experimental utilizado para evaluar el correcto funcionamiento de la caja de actividad motora, es evaluar a ratas de laboratorio de la cepa wistar considerando características como: Edad, Tamaño, Peso y cepa. Las ratas fueron proporcionadas por el bioterio Claud Bernard de la Universidad Autónoma de Puebla. Se diseñó una línea del tiempo que se muestra en la Figura 4.1. donde se menciona los intervalos de días de evaluación en las cajas, el fármaco y la dosis a administrar.

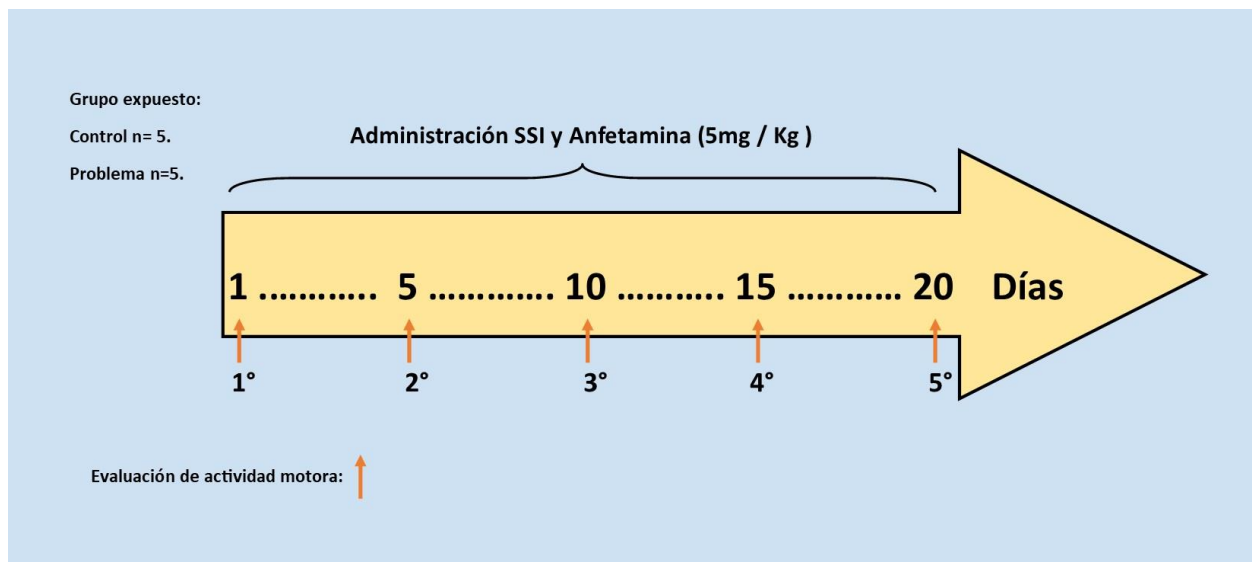


Figura 4.1. Diagrama de experimentos *in vivo*. Tabla representativa del periodo de experimentación cada 5 días con ratas macho wistar.

El estudio realizado esta apegó a los siguientes parámetros tabla 4.1:

#### Datos:

- Edad: 3 - 9 meses.
- Tamaño: 19 - 21 cm.
- Numero de ratas Problema: 5.
- Numero de ratas control: 5.
- Total de ratas estudiadas: 10.
- Sexo del roedor: Macho.
- Cepa: Wistar.
- Días de experimento totales realizado: 5.
- Ratas experimentadas por día:10.
- Lapsos entre días de exposición de estudios: 5.
- Periodo evaluativo por rata:12 periodos de 5 minutos cada uno.
- Método evaluativo: Caja de actividad motora en campo cerrado con ratas *in vivo*.
- Químico utilizado 1: Anfetamina.
- Sustancia utilizada 2: Solución salina isotónica.
- Dosis administrada por fármaco: 5mg/kg.
- Vía de administración: Subcutánea (sc).

Tabla 4.1. Características de estudio en ratas para la evaluación de la caja de actividad motora.

## 4.2 Proceso evaluativo

Para llevar a cabo el experimento en la caja de actividad motora se siguió una serie de procedimiento y pasos de trabajo determinados por el laboratorio, estos previamente son definidos de acuerdo a la línea de trabajo que se desea seguir. Para determinar el correcto funcionamiento de la caja de actividad motora se toma información y criterios ya definidos de otros métodos experimentales para compararlos. A continuación, se describen los pasos a seguir en esta prueba:

1. Se determinó el número de ratas y las características del experimento.
2. Se estableció el fármaco y cálculo de la dosis a administrar, según las características del animal.
3. Se preparó y configuro la caja de actividad motora.
4. Se configuraron los parámetros en el software.
5. Se habituaron los animales antes del experimento en el cuarto donde se encontraban las cajas para no sufrir un estrés que pueda afectar los resultados.
6. Se administró la dosis a los dos grupos de estudio 1- problema “Administrada con anfetamina”, 2- control “administrada solo con solución salina.
7. Se ingresa 1 de las ratas a la caja de actividad motora, evitando la mayor manipulación con el roedor para evitar que sufra estrés. Este proceso se realiza a cada una de ellas hasta pasar por todas.
8. Terminado el estudio, las ratas son regresadas al vivario del Laboratorio de Neurofarmacología. Los resultados son respaldados para su posterior análisis.
9. Con el software GraphPad prism se determina estadísticamente si el estudio fue exitoso.
10. Se reportan los resultados.

## 4.3 Pruebas y resultados experimentales.

Para definir una respuesta sobre un estudio realizado se toma como base un criterio ya definido, es decir cuando una rata es administrada con un fármaco estimulante promueve la respuesta motora al incrementar la actividad con el paso del tiempo, sin embargo, una rata administrada con solución salina mantendrá un comportamiento basal. Cuando una prueba experimental es finalizada los resultados que se obtienen se almacenan en una base de datos que posteriormente o a futuro podrán ser utilizados como un apoyo de comparación de futuras pruebas.

Un segundo paso que define el estudio es el manejo de la información obtenida y que es ingresada al programa estadístico. Partiendo del estudio realizado, la sumatoria total de cada evento de “movimientos y desplazamientos” de las 5 tomas realizadas, se ingresan al software Graphpad prism el cual permite realizar fácilmente pruebas estadísticas y obtener tablas sobre los datos ingresados. Con este tipo de parámetros podemos valorar el correcto funcionamiento del equipo y la respuesta de los fármacos a evaluar.

## Pruebas:

El estudio realizado a cada rata experimental se visualiza en las siguientes tablas y gráficas, permitiendo en cada una de ellas observar los incrementos y decrementos en su actividad.

Tomando como referencia el proceso evaluativo, se muestra un estudio en curso figura 4.2 en el cual se obtiene la actividad motora total de cada uno de los parámetros que son:

M = Movimientos, D = Desplazamientos, E = Erguidos. Estos son almacenados de acuerdo al día y rata estudiada y posteriormente ser ingresados en el software estadístico.



Figura 4.2. Pantalla representativa de un estudio en curso.

Uno de los primeros resultados obtenidos se muestra en las tablas 4.1 y 4.2 que representa los movimientos y desplazamientos acumulados del primer día de experimentación, de cada rata administrada con anfetamina (problema) y solución salina (control), posteriormente se describen las tablas de datos obtenidas durante los 5 días de prueba, así como los resultados finales:

### Primera prueba evaluativa:

En las siguientes tablas 4.1 y 4.2, se muestra el número de movimientos y desplazamientos realizados en los animales en el primer día de experimentación.

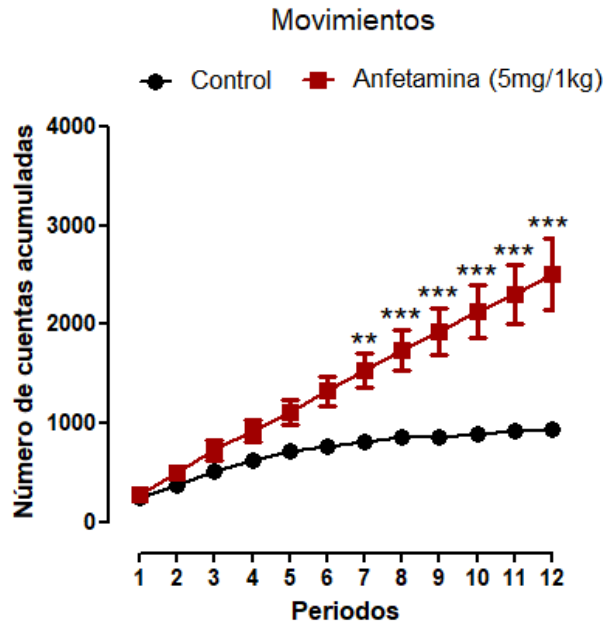
Tabla de movimientos acumulados del primer día de experimentación.										
	Control					Anfetamina (5mg/1kg)				
Periodos	Rata 1	Rata 2	Rata 3	Rata 4	Rata 5	Rata 1	Rata 2	Rata 3	Rata 4	Rata 5
1	229	184	232	311	257	150	367	292	309	264
2	329	339	335	480	377	252	696	496	603	473
3	455	462	480	599	546	368	887	702	900	773
4	509	583	619	758	683	515	1045	898	1158	1012
5	611	613	726	817	794	635	1207	1064	1376	1265
6	686	691	793	828	841	806	1378	1238	1608	1607
7	767	719	858	841	907	958	1558	1421	1830	1905
8	859	778	885	841	920	1054	1780	1579	2031	2244
9	898	778	886	841	920	1177	1961	1715	2281	2533
10	932	844	930	841	931	1312	2137	1862	2480	2864
11	932	918	951	891	934	1413	2285	1999	2674	3150
12	933	925	957	944	952	1413	2511	2146	2905	3568

Tabla 4.1. Movimientos acumulados del primer día de experimentación en la cual se observa un mayor número de movimientos en las ratas administradas con fármaco.

Tabla de desplazamientos acumulados del primer día de experimentación.										
	Control					Anfetamina (5mg/1kg)				
Periodos	Rata 1	Rata 2	Rata 3	Rata 4	Rata 5	Rata 1	Rata 2	Rata 3	Rata 4	Rata 5
1	39	21	25	56	36	16	81	50	63	49
2	50	47	38	70	47	27	141	70	134	84
3	60	56	48	77	56	40	174	92	200	160
4	63	73	64	104	66	50	205	120	258	215
5	77	81	79	112	83	59	239	147	306	296
6	81	88	88	113	84	75	278	160	350	407
7	90	89	93	114	91	90	326	185	396	519
8	93	90	94	114	92	96	381	192	448	642
9	96	90	95	114	92	107	412	199	507	734
10	97	91	98	114	93	120	448	202	552	829
11	97	92	99	121	94	127	477	206	602	920
12	98	93	100	122	95	127	513	214	661	1030

Tabla 4.2. Desplazamientos acumulados del primer día de experimentación en la cual se observa un mayor número de movimientos en las ratas administradas con fármaco.

Las siguientes gráficas muestran el número de movimientos y desplazamientos acumulados durante la primera evaluación. En la figura 4.3 A) se observa que el grupo anfetamina provoca un aumento en los movimientos a partir del periodo 7 al 12 con respecto al grupo control. En la gráfica 4.3 B) se observa que el grupo anfetamina provoca un aumento en los movimientos a partir del 9.º periodo con respecto al grupo control.



(A)

(B)

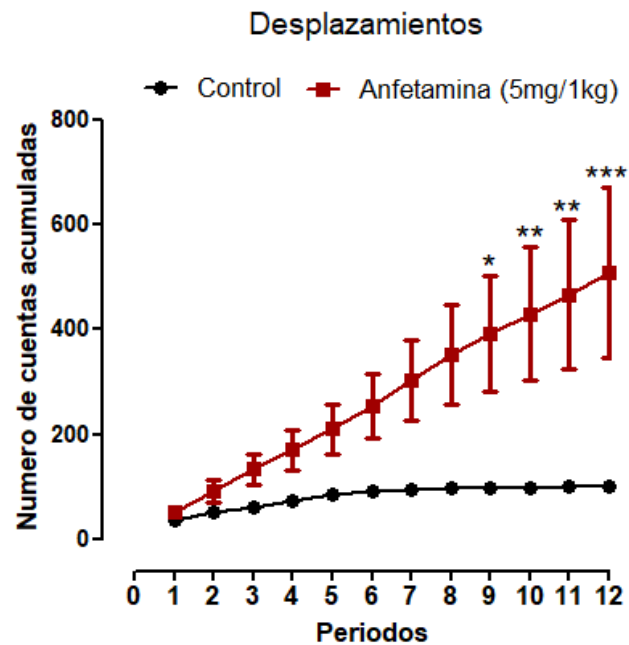


Figura 4.3. Se graficó el número de cuentas acumuladas (movimientos y desplazamientos) en función del tiempo (periodos de 5 minutos) y se observó un incremento significativo de los movimientos del grupo tratado con anfetamina con respecto al grupo control (SSI). Se muestra la media  $\pm$  SEM, los datos fueron analizados con una prueba t-test. \*\* $p < 0.01$  Anfetamina vs control periodo 7; \*\*\*  $p < 0.001$  anfetamina vs control periodos 8-12, así mismo la gráfica de desplazamientos, \* $p < 0.05$  Anfetamina vs control periodo 9; \*\*  $p < 0.01$  anfetamina vs control periodos 10-11, \*\*\*  $p < 0.001$  anfetamina vs control periodos 12.

### Segunda prueba evaluativa:

Las siguientes gráficas muestran el número de movimientos y desplazamientos acumulados durante la segunda evaluación. En la figura 4.4 A) se observa que el grupo anfetamina provoca un aumento en los movimientos a partir del periodo 6 al 12 con respecto al grupo control. En la gráfica 4.3 B) se observa que el grupo anfetamina provoca un aumento en los movimientos a partir del 7.º al 12.º periodo con respecto al grupo control.

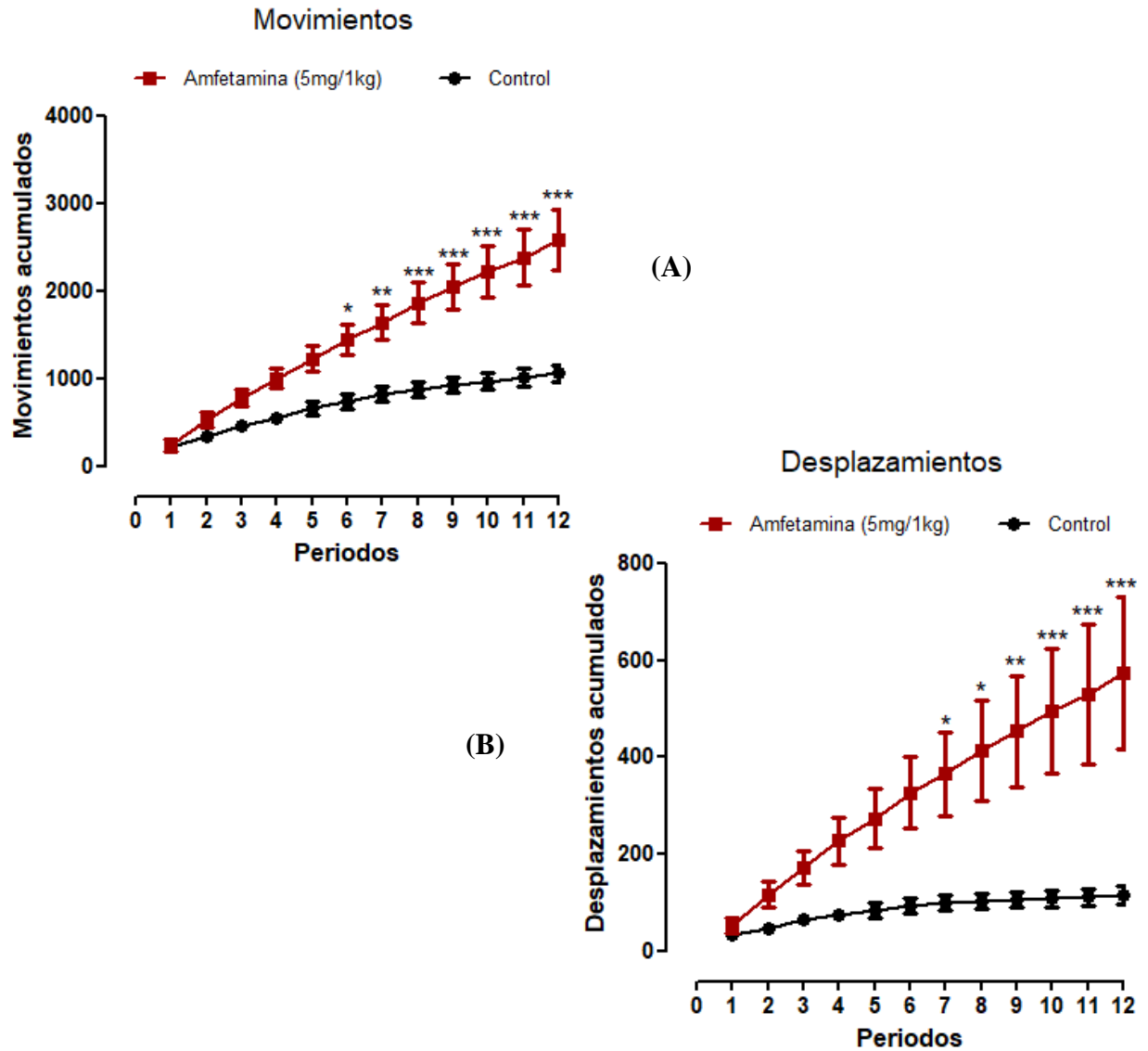


Figura 4.4. Se graficó el número de cuentas acumuladas (movimientos y desplazamientos) en función del tiempo (periodos de 5 minutos) y se observó un incremento significativo de los movimientos del grupo tratado con anfetamina con respecto al grupo control (SSI). Se muestra la media  $\pm$  SEM, los datos fueron analizados con una prueba t-test. \* $p < 0.05$  Anfetamina vs control periodo 6; \*\*  $p < 0.01$  anfetamina vs control periodos 7, \*\*\*  $p < 0.001$  anfetamina vs control periodos 8-12, así mismo la gráfica de desplazamientos, \* $p < 0.05$  Anfetamina vs control periodo 7-8; \*\*  $p < 0.01$  anfetamina vs control periodos 9, \*\*\*  $p < 0.001$  anfetamina vs control periodos 10-12.

### Tercera prueba evaluativa:

Las siguientes gráficas muestran el número de movimientos y desplazamientos acumulados durante la tercera evaluación. En la figura 4.5 A) se observa que el grupo anfetamina provoca un aumento en los movimientos a partir del periodo 7 al 12 con respecto al grupo control. En la gráfica 4.3 B) se observa que el grupo anfetamina provoca un aumento en los movimientos a partir del 8.º periodo con respecto al grupo control.

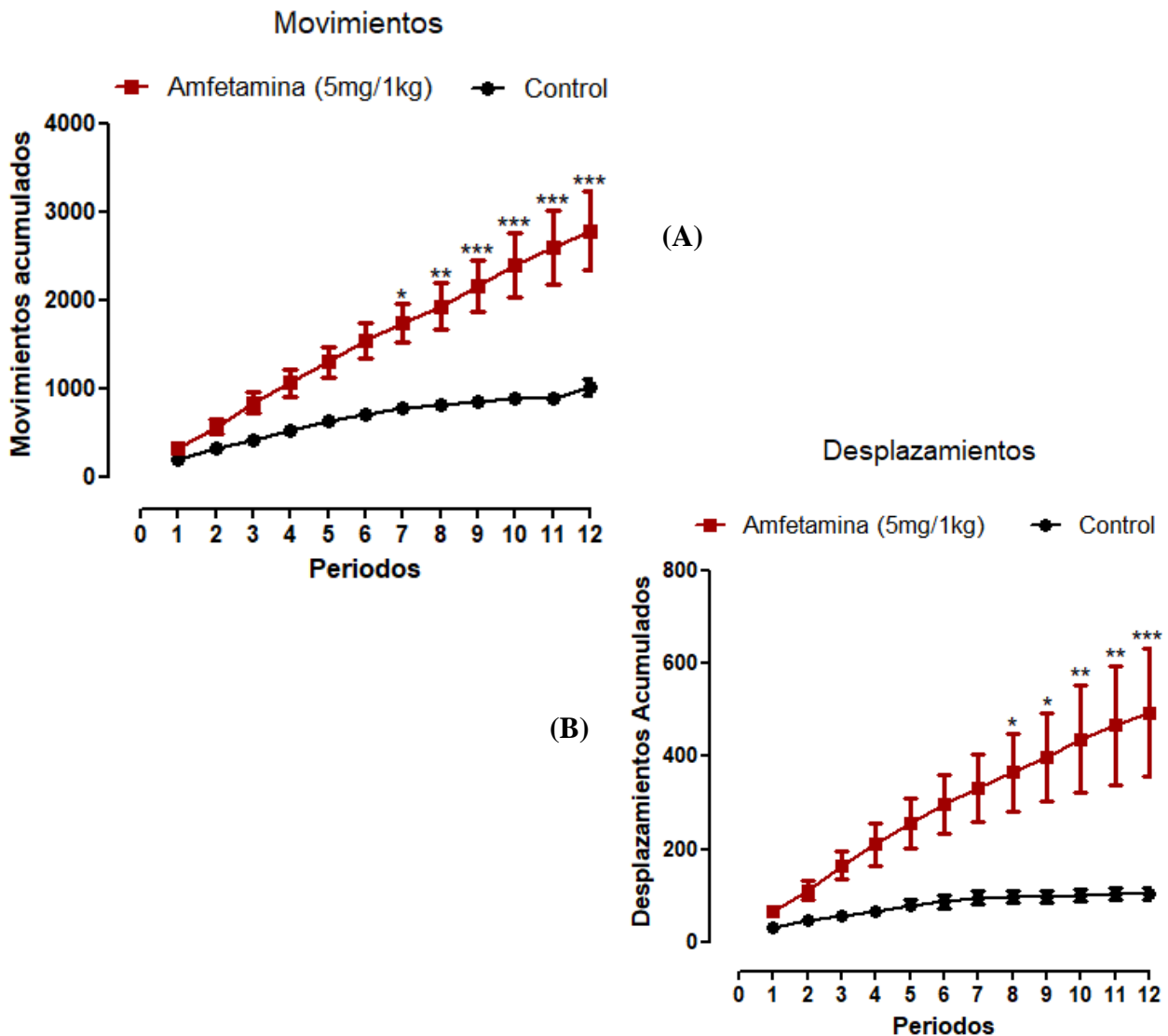


Figura 4.5. Se graficó el número de cuentas acumuladas (movimientos y desplazamientos) en función del tiempo (periodos de 5 minutos) y se observó un incremento significativo de los movimientos del grupo tratado con anfetamina con respecto al grupo control (SSI). Se muestra la media  $\pm$  SEM, los datos fueron analizados con una prueba t-test. \* $p < 0.05$  Anfetamina vs control periodo 7; \*\*  $p < 0.01$  anfetamina vs control periodos 8, \*\*\*  $p < 0.001$  anfetamina vs control periodos 9-12, así mismo la gráfica de desplazamientos, \* $p < 0.05$  Anfetamina vs control periodo 8-9; \*\*  $p < 0.01$  anfetamina vs control periodos 10-11, \*\*\*  $p < 0.001$  anfetamina vs control periodos 12.

#### Cuarta prueba evaluativa:

Las siguientes gráficas muestran el número de movimientos y desplazamientos acumulados durante la cuarta evaluación. En la figura 4.6 A) se observa que el grupo anfetamina provoca un aumento en los movimientos a partir del periodo 7 al 12 con respecto al grupo control. En la gráfica 4.6 B) se observa que el grupo anfetamina provoca un aumento en los movimientos a partir del 10.º periodo con respecto al grupo control.

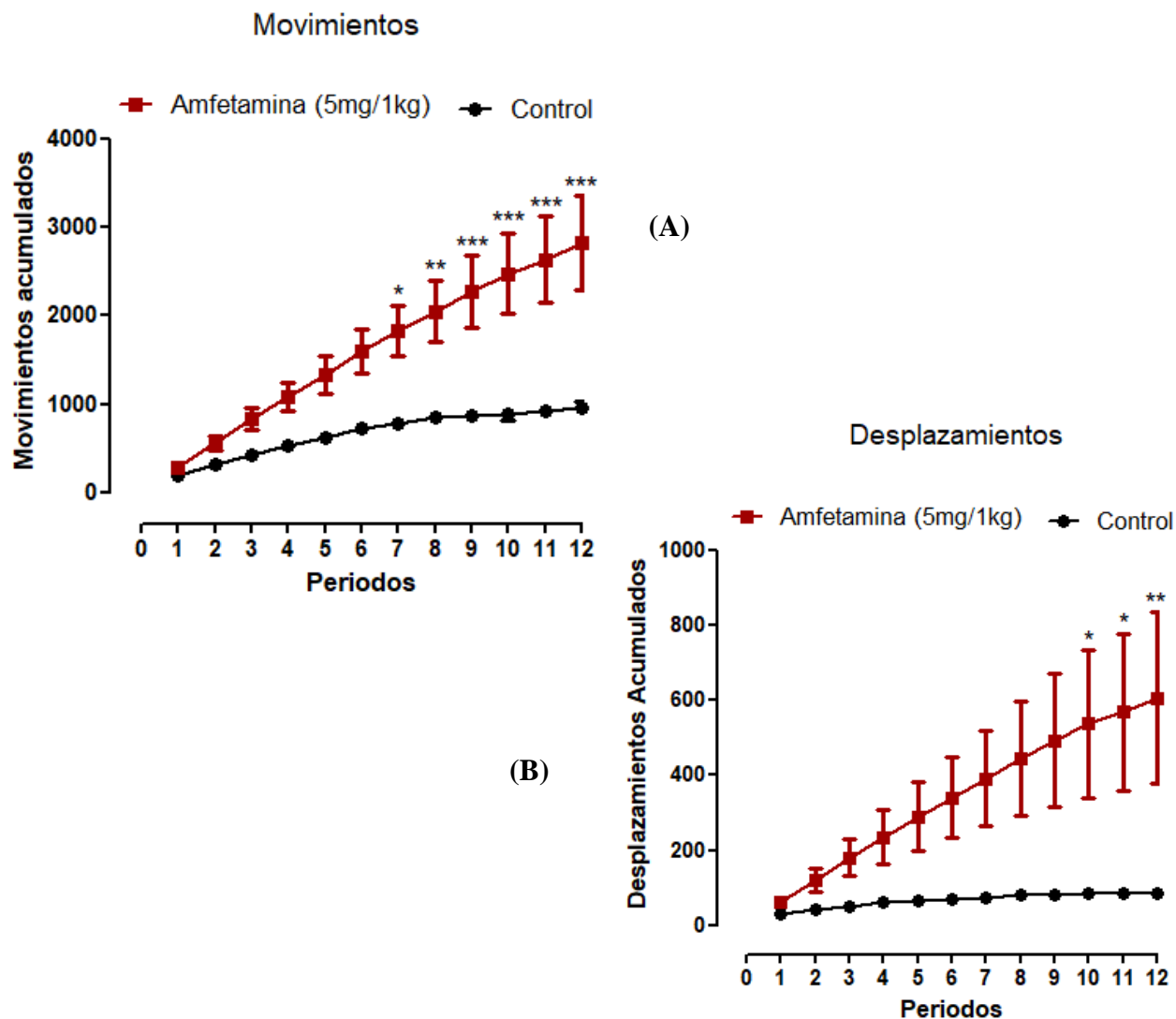


Figura 4.6. Se graficó el número de cuentas acumuladas (movimientos y desplazamientos) en función del tiempo (periodos de 5 minutos) y se observó un incremento significativo de los movimientos del grupo tratado con anfetamina con respecto al grupo control (SSI). Se muestra la media  $\pm$  SEM, los datos fueron analizados con una prueba t-test. \* $p < 0.05$  Anfetamina vs control periodo 7; \*\* $p < 0.01$  Anfetamina vs control periodo 8; \*\*\*  $p < 0.001$  anfetamina vs control periodos 9-12, así mismo la gráfica de desplazamientos, \* $p < 0.05$  Anfetamina vs control periodo 10-11; \*\*  $p < 0.01$  anfetamina vs control periodos 12.

#### Quinta prueba evaluativa:

Las siguientes gráficas muestran el número de movimientos y desplazamientos acumulados durante la quinta evaluación. En la figura 4.7 A) se observa que el grupo anfetamina provoca un aumento en los movimientos a partir del periodo 9 al 12 con respecto al grupo control. En la gráfica 4.7 B) se observa que el grupo anfetamina provoca un aumento en el periodo 12.º con respecto al grupo control.

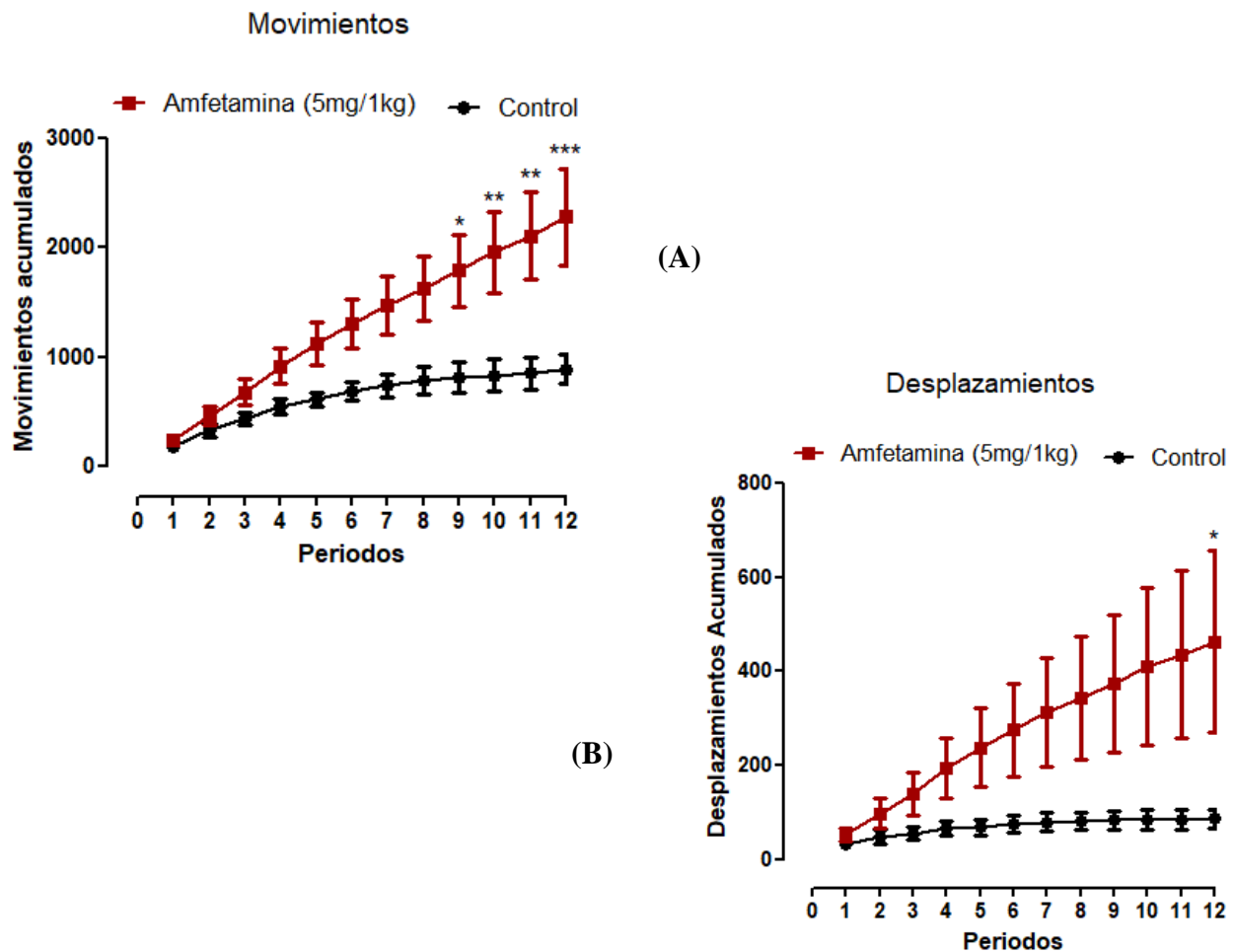


Figura 4.7. Se graficó el número de cuentas acumuladas (movimientos y desplazamientos) en función del tiempo (periodos de 5 minutos) y se observó un incremento significativo de los movimientos del grupo tratado con anfetamina con respecto al grupo control (SSI). Se muestra la media  $\pm$  SEM, los datos fueron analizados con una prueba t-test. \*\* $p < 0.01$  Anfetamina vs control periodo 7; \*\*\*  $p < 0.001$  anfetamina vs control periodos 8-12, así mismo la gráfica de desplazamientos, \* $p < 0.05$  Anfetamina vs control periodo 9; \*\*  $p < 0.01$  anfetamina vs control periodos 10-11, \*\*\*  $p < 0.001$  anfetamina vs control periodos 12.

### Resultados finales.

En las siguientes tablas 4.3 y 4.4, se muestra el número total por día de movimientos y desplazamientos realizados en los animales experimentación.

#	Tabla de movimientos acumulados totales.									
	Día 1	Día 1	Día 2	Día 2	Día 3	Día 3	Día 4	Día 4	Día 5	Día 5
	Control	Anfetamina	Control	Anfetamina	Control	Anfetamina	Control	Anfetamina	Control	Anfetamina
Rata 1	933	1413	1000	1510	1038	1680	747	1518	592	1433
Rata 2	925	2511	918	2879	1046	3035	880	3402	789	2311
Rata 3	957	2146	815	2551	928	3088	993	3334	1353	2458
Rata 4	944	2905	1363	2390	1298	1955	1084	1654	1006	1389
Rata 5	952	3568	1204	3631	733	4162	1121	4227	691	3804

Tabla 4.3. Movimientos totales de los días de experimentación en la cual se observa un mayor número de movimientos en las ratas administradas con fármaco.

#	Tabla de desplazamientos acumulados totales.									
	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Control	Anfetamina	Control	Anfetamina	Control	Anfetamina	Control	Anfetamina	Control	Anfetamina
Rata 1	98	127	73	218	108	234	57	212	55	167
Rata 2	93	513	103	647	74	496	67	586	38	304
Rata 3	100	214	77	508	75	574	108	671	155	557
Rata 4	122	661	158	359	143	206	115	143	101	112
Rata 5	95	1030	160	1137	117	962	84	1421	82	1177

Tabla 4.4. Desplazamientos totales de los días de experimentación en la cual se observa un mayor número de movimientos en las ratas administradas con fármaco.

Para analizar los datos de manera global, se graficó el desempeño de los animales durante los 5 días evaluados, los parámetros tomados fueron el número total por día. Las siguientes gráficas muestran el número de movimientos y desplazamientos totales durante la evaluación. En la figura 4.8 A) se observa que el grupo administrado con anfetamina tuvo una mayor actividad considerable de movimientos con respecto al grupo control. En la gráfica 4.8 B) se observa que el grupo administrado con anfetamina tuvo un mayor incremento en los desplazamientos con respecto al grupo control.

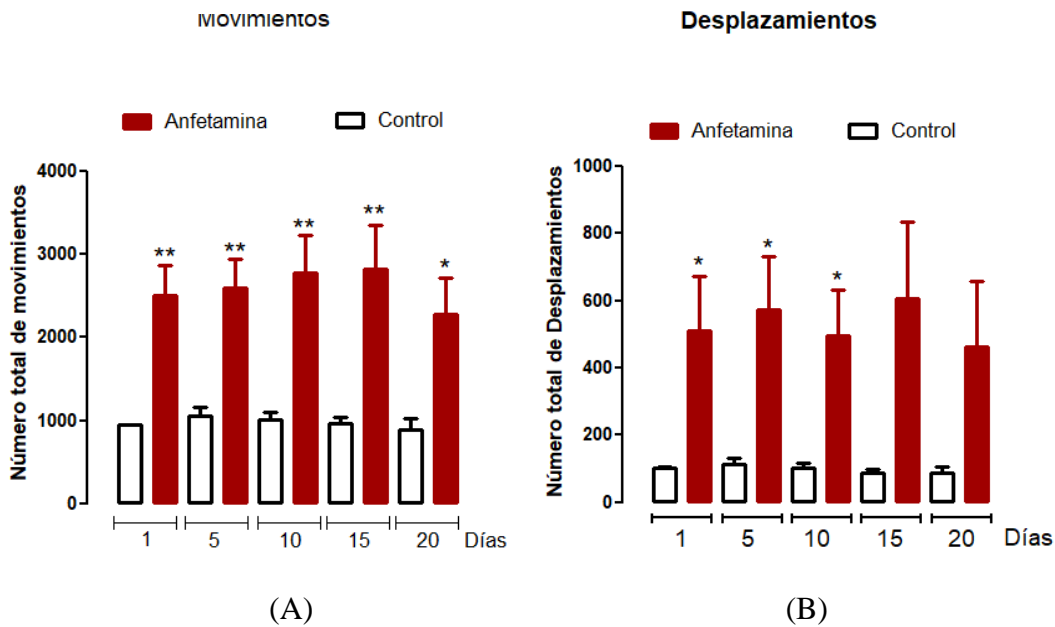


Figura 4.8. A) Se grafica el número de cuentas totales por día en función del tiempo (periodos de 5 minutos), se observa un incremento considerable en los movimientos del grupo tratado con anfetamina con respecto al grupo control (SSI).

4.4 Sistema diseñado.







## 4.5 Conclusión

Podemos concluir que los resultados cuantificados en cada experimento realizado son los esperados ya que se observan incrementos significativos en la actividad motora de las ratas problema vs control, estos datos fueron comparados con los resultados existentes de otro equipo funcionando. Se afirma el correcto funcionamiento de la caja de actividad motora, así como el software y la detección de movimientos de los sensores infrarrojos, cabe señalar que aun que el sistema detecta el parámetro de erguidos es una nueva función que está siendo evaluada para estudiar los beneficio que pueda aportar a los experimentos por lo cual no se tomó en cuenta para la determinación de resultados aun así la detección de erguidos fue optima dando un valor adicional al sistema.

# Conclusiones generales

El objetivo fundamental de esta tesis fue “Diseñar e implementar un sistema de adquisición vía USB para el conteo de movimientos, desplazamientos y actividad motora en roedores con el uso de fármacos”. Con este proyecto ayudar de forma significativa a la implementación de un sistema físico y práctico que fuera accesible al laboratorio de Neurofarmacología y a otros más.

Por consiguiente, las aportaciones principales de este sistema consisten en el diseño de una tarjeta de adquisición que permita la comunicación con un software diseñado, además la implementación de la caja de actividad motora en la cual se experimentara y su manual de uso.

Lo expuesto a lo largo de este trabajo permite llegar a las siguientes conclusiones:

En cuanto al concepto de Diseño e Implementación de un sistema de adquisición de actividad motora en campo cerrado. Es importante visualizar la investigación previa sobre los factores y características que determinan una enfermedad para que a partir de ello se tomen consideraciones puntuales sobre lo que se investigara, y con ello se llegue a puntualizar la importancia de implicación de la tecnología en las ciencias. Dos conceptos fueron tomados en cuenta en forma específica, la investigación teórica y la realización de la parte tecnológica. Se tomo como primer punto la línea de investigación del laboratorio de Neurofarmacología de la BUAP, puntos determinantes como la enfermedad, los rasgos específicos que provoca la enfermedad, la línea de animales de experimentación, entre otros conceptos que ayudan a identificar los detalles que se buscan en la realización del sistema.

En la etapa de elaboración de detección de movimientos se encontraron ciertas consideraciones que se tomaron en cuenta. Por ejemplo, el Ángulo de emisión de los leds infrarrojos era demasiado grande y se afectaba la señal, a lo cual se tuvo que reducir a un menor ángulo el emisor y receptor. Por tanto y partiendo de ello se elaboró una tarjeta de adquisición de datos con diferentes características novedosas e importantes, como son la comunicación con protocolo RS485 que permite la comunicación con múltiples cajas simultáneamente desde un solo equipo de cómputo con un software elaborado, otra de las características fue la implementación de un nuevo parámetro indicador para el experimentador que son los erguidos, parámetro que no era antes considerado por el laboratorio.

Por tanto, para el análisis de la información obtenida en un estudio, fue necesario la implementación de un software de control en el cual, se obtiene la información, se procesa y almacena, a partir de cada dato obtenido de la tarjeta de adquisición. Logros importantes realizados que no se tenían anteriormente y que fueron implementados son: él graficar, visualizar los movimientos en el momento real y almacenar cada dato obtenido. Un punto importante implementado es la falta de pérdidas de información puesto que si hay una interrupción en la comunicación el sistema tiene la peculiaridad de pausarse y continuar con el estudio, lo que lo lleva

a ser un sistema más seguro, otra de las características es que puede ser controlado a una distancia remota.

Otra sección importante es la implementación de la caja de actividad motora en cual se llevan acabó los estudios en los roedores. Esta sección es especial puesto que en ella hay que tomar diferentes consideraciones como son: cepa del roedor, tamaño máximo y mínimo del animal, edad entre otros. Así también la caja debe cumplir características específicas como el tamaño del área de movilidad, las paredes externas deben impedir el paso de la luz al interior internamente, debe haber una separación de la circuitería hacia el animal todo esto y más con la finalidad de colocar al animal en un lugar fuera del estrés, con lo que concluye que la caja puede ser modificada de acuerdo a los parámetros necesarios previos de un estudio.

Las pruebas que se realizaron a la caja de actividad motora fueron con animales en vivo para asegurar los resultados, con ello se visualizó el comportamiento de un roedor alrededor de un espacio semejante a su entorno habitual, lo cual permitió deslumbrar parámetros que pueden ser modificados posteriormente para su análisis, se observó que su mayor actividad la realizan en la parte baja de la caja y que este tipo de sistemas también pueden ser utilizados en diferentes líneas de estudio lo que se define que este tipo de tecnologías son útiles y abiertas a nuevos cambios.

Partiendo de lo antes mencionado los alcances que se deslumbran en este sistema son grandes ya que el área de estudio es amplia siendo la modernización una de las características particulares de la tecnología. El avance cotidiano obliga a innovar día a día los nuevos proyectos no siendo excluido este sistema por lo cual se visualizan algunos parámetros importantes que pueden ser innovados como son:

- Mayor número de sensores infrarrojos con la finalidad de incrementar la sensibilidad en los movimientos.
- Creación de nuevos parámetros en el software como pueden ser: Medición de distancia recorrida, graficas 3D, Evaluación estadística, registro de tiempo en cada movimiento.
- Implementación de cámara para observar el comportamiento de la rata.
- Implementación de cámara infrarroja para determinar la temperatura corporal y su agitación.
- Medición de temperatura en el interior de la caja.

Se puede observar que el proyecto permite tener grandes posibilidades para su mejora, permitiendo la posibilidad de experimentar y optar por nuevos temas de tesis a estudiantes.

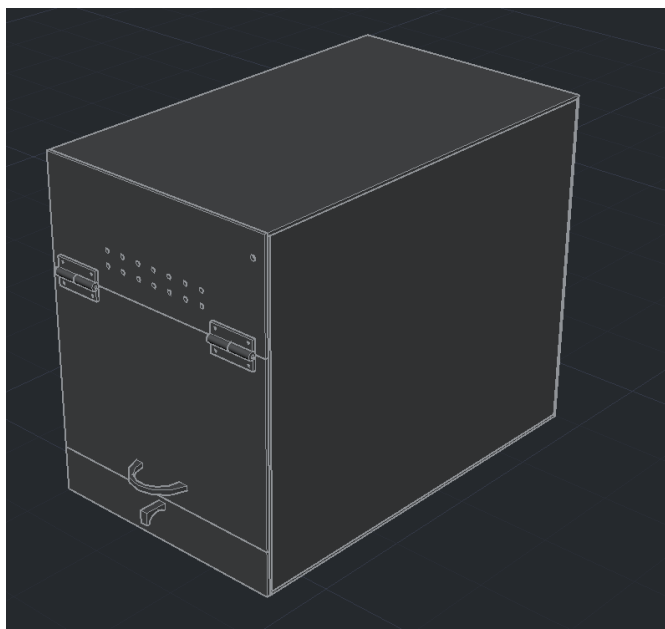
## Referencias

- [1]. Pioneros de la Microbiología: Louis Pasteur, tesis (Consulta: 14-11-2016).
- [2]. <https://nacersano.marchofdimes.org/embarazo/talidomida.aspx>. (Consulta: 10-01-2017).
- [3]. Hall CS and Ballachey EL. (1932). A study of the rat's behavior in a field: a contribution to methods in comparative psychology. *University of California Publications in Psychology* **6**: 1–12.
- [4]. Broadhurst PL. (1969). Psychogenetics of emotionality in the rat. *Ann N Y Acad Sci* **159**: 806–824.
- [5]. Fan SJ, Jiang H, Yang LJ, Liu X, Song J and Pan F. (2011). Effects of adrenergic agents on stress-induced brain microstructural and immunochemical changes in adult male Wistar rats. *Ann Anat* **193**: 418–424.
- [6]. Pardon MC, Gould GG, Garcia A, Phillips L, Cook MC, Miller SA, Mason PA and Morilak DA. (2002). Stress reactivity of the brain noradrenergic system in three rat strains differing in their neuroendocrine and behavioral responses to stress: implications for susceptibility to stress-related neuropsychiatric disorders. *Neuroscience* **115**: 229–242.
- [7]. Dubovicky M, Skultetyova I and Jezova D. (1999). Neonatal stress alters habituation of exploratory behavior in adult male but not female rats. *Pharmacol Biochem Behav* **64**: 681–686.
- [8]. Krishna S, Dodd CA, Hekmatyar SK and Filipov NM. (2013). Brain deposition and neurotoxicity of manganese in adult mice exposed via the drinking water. *Arch Toxicol* **88**(1): 47–64.
- [9]. Francis D, Diorio J, Liu D and Meaney MJ. (1999). Nongenomic transmission across generations of maternal behavior and stress responses in the rat. *Science* **286**: 1155–1158.
- [10]. Berton O, Ramos A, Chaouloff F and Morméde P. (1997). Behavioral reactivity to social and nonsocial stimulations: a multivariate analysis of six inbred rat strains. *Behav Genet* **27**: 155–166.
- [11]. Berton O, Ramos A, Chaouloff F and Morméde P. (1997). Behavioral reactivity to social and nonsocial stimulations: a multivariate analysis of six inbred rat strains. *Behav Genet* **27**: 155–166.
- [12]. Ramos A, Correia EC, Izídio GS and Brüske GR. (2003). Genetic selection of two new ratlines displaying different levels of anxiety-related behaviors. *Behav Genet* **33**: 657–668.

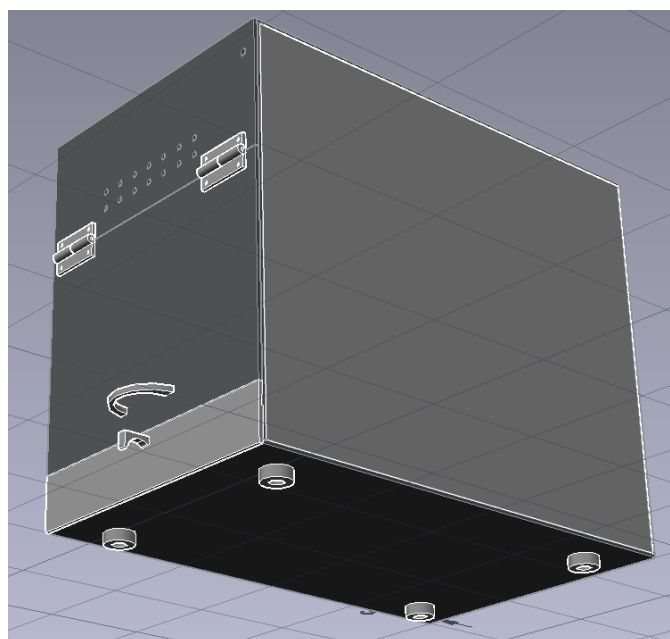
- [13]. <http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista-11/art13.pdf>. (Consulta: 4-02-2017).
- [14]. <http://endhowx.info/tecnologa-explicada/11173-qu-es-half-duplex-y-el-funcionamiento-dplex-y-cmo.html>. (Consulta: 4-02-2017).
- [15]. <https://catorcepi.wikispaces.com/file/view/3678453-SENSOR-INFRRARROJO-Teoria-y-practica.pdf>. (Consulta: 14-02-2017).
- [16]. <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/2N3903-D.PDF>. (Consulta: 14-02-2017).
- [17]. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn54ls04-sp.pdf>. (Consulta: 20-04-2017).
- [18]. Microchip Microcontroller PIC16F877.  
<http://akizukidenshi.com/download/PIC16F87XA.pdf> (Consulta: 15-05-2017).
- [19]. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf> (Consulta: 15-05-2017).
- [20]. <http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista-11/art13.pdf> (Consulta: 17-05-2017).
- [21]. <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX1487-MAX491.pdf> (Consulta: 11-06-2016).
- [22]. Texas Instrumets, The RS-485 Design Guide, Thomas Kugelstadt, SLLA272B- February 2008-Revised May 2008. (Consulta: 02-07-2016).
- [23]. <http://www.smar.com/newsletter/marketing/index200.html> (Consulta: 08-08-20116).
- [24]. <http://elvex.ugr.es/decsai/java/pdf/3B-Clases.pdf> (Consulta: 07-10-2016).
- [25]. <https://edu.netbeans.org/contrib/slides/netbeans-platform/Dialogs.pdf> (Consulta: 07-10-2016).
- [26]. [https://netbeans.org/community/releases/68/relnotes\\_es.html](https://netbeans.org/community/releases/68/relnotes_es.html) . (Consulta: 15-11-2016).
- [27]. <http://www.ti.com/lit/an/slla272c/slla272c.pdf> . (Consulta: 16-11-2016).

Apéndice. A)

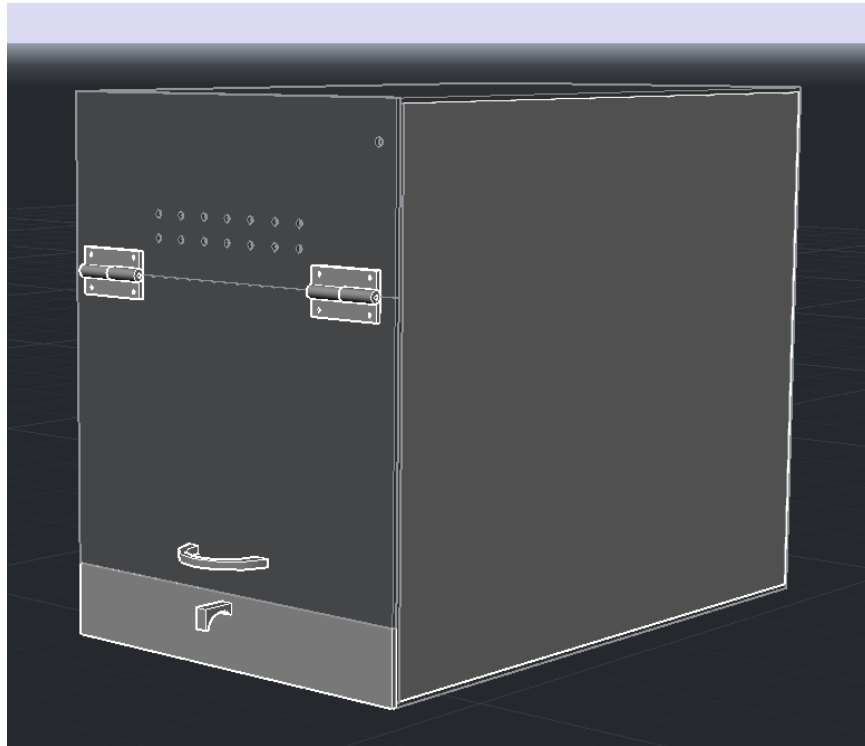
## Diseño y medidas generales de caja.



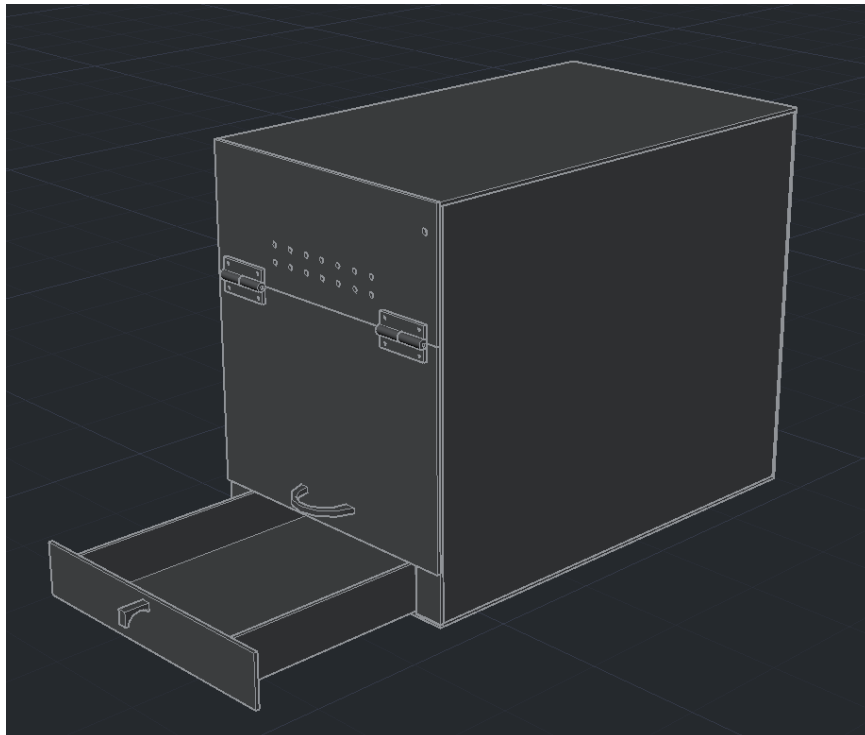
Vista general 3D.



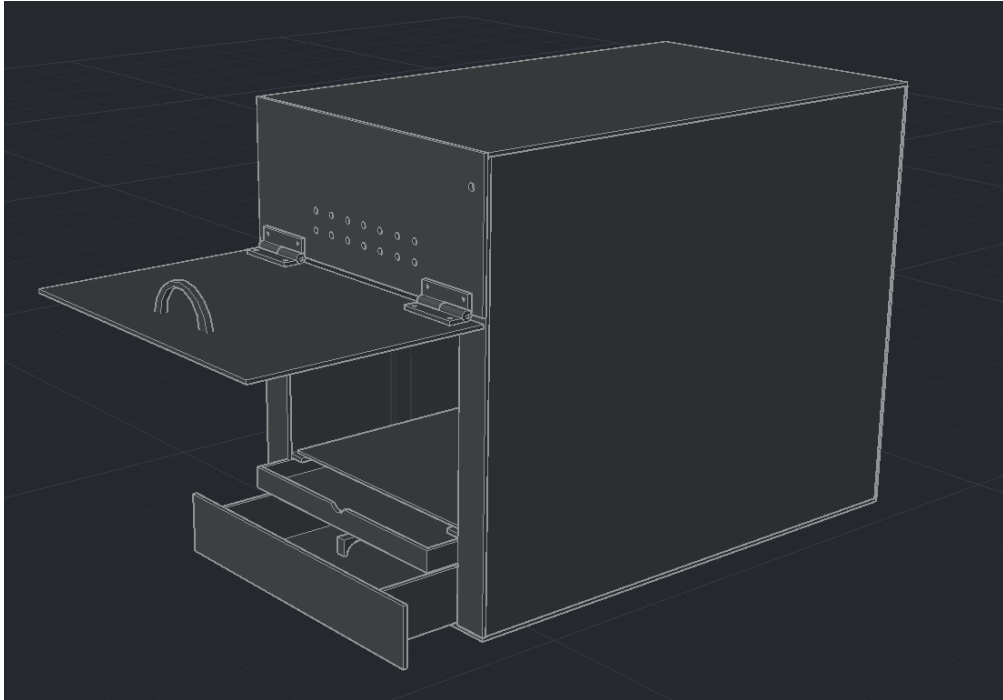
Vista inferior 3D.



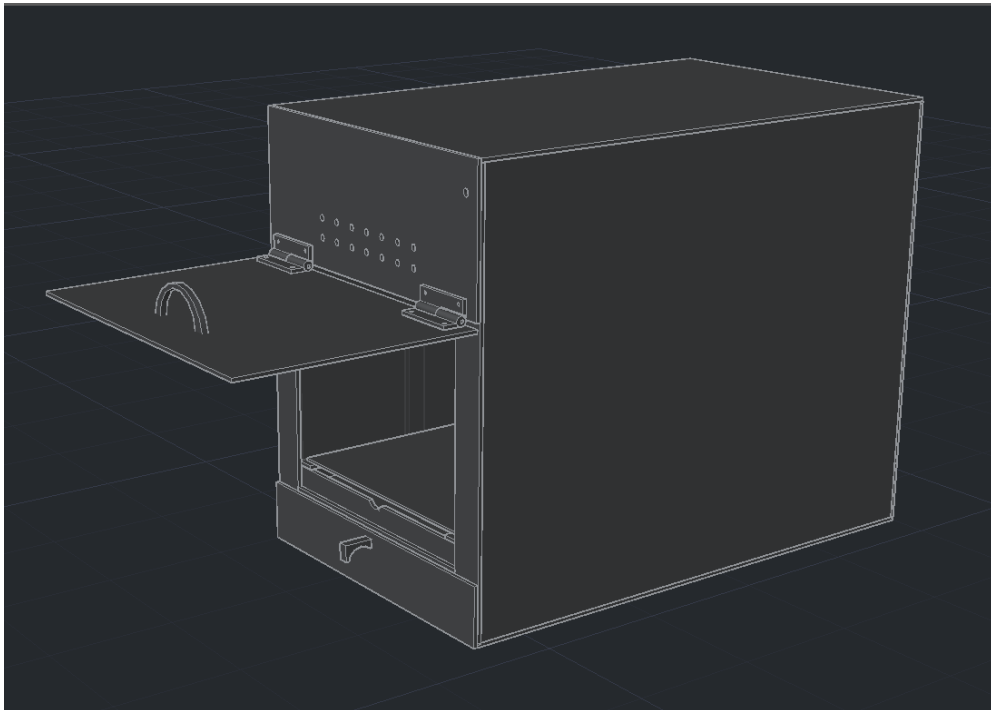
Bisagras y manijas.



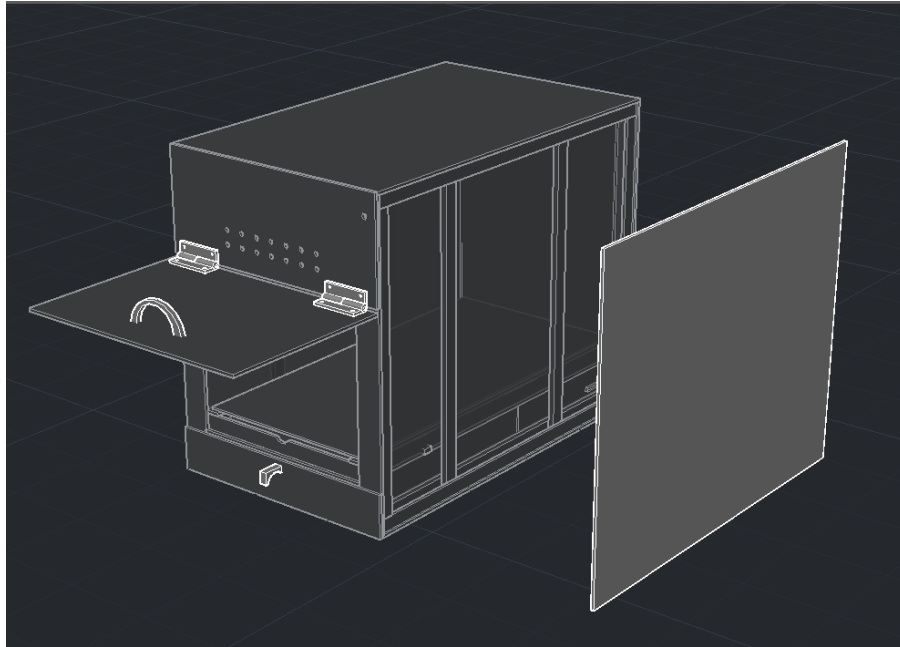
Cajón de aditamentos.



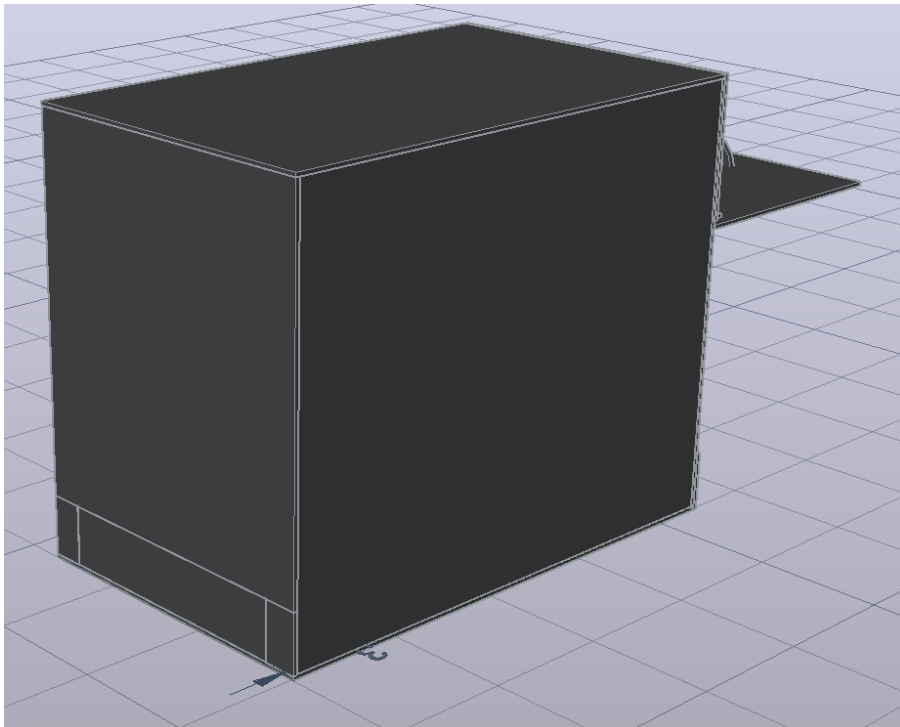
Vista de componentes.



Apertura de puerta.

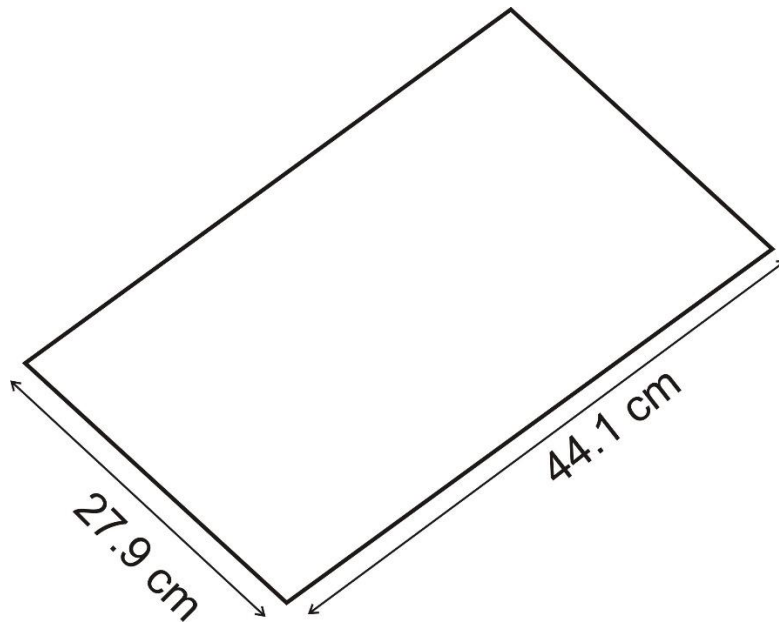


Tapa lateral

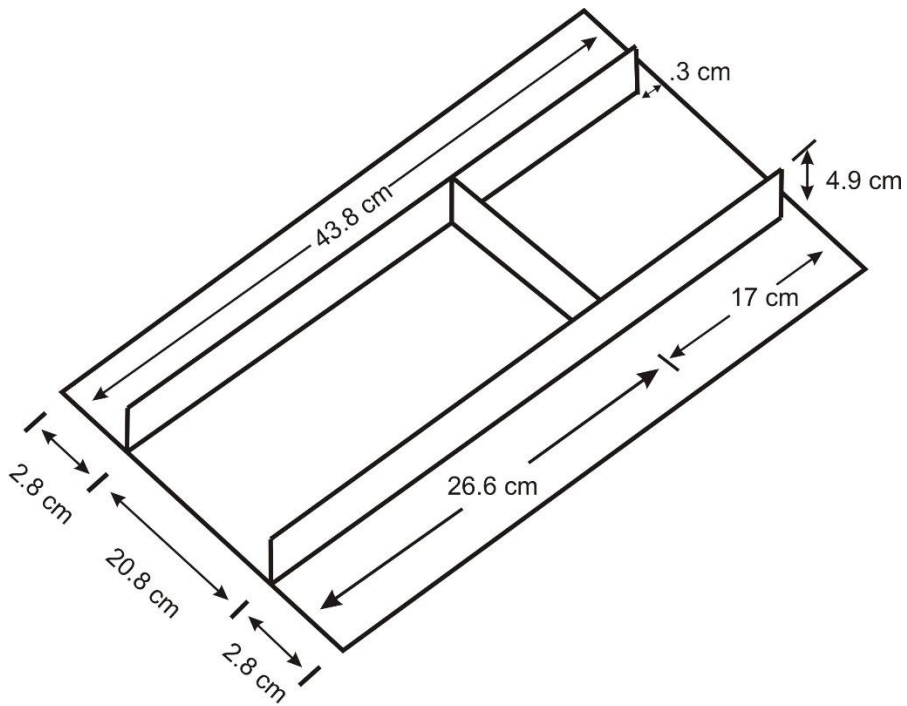


Vista trasera de la caja de actividad motora.

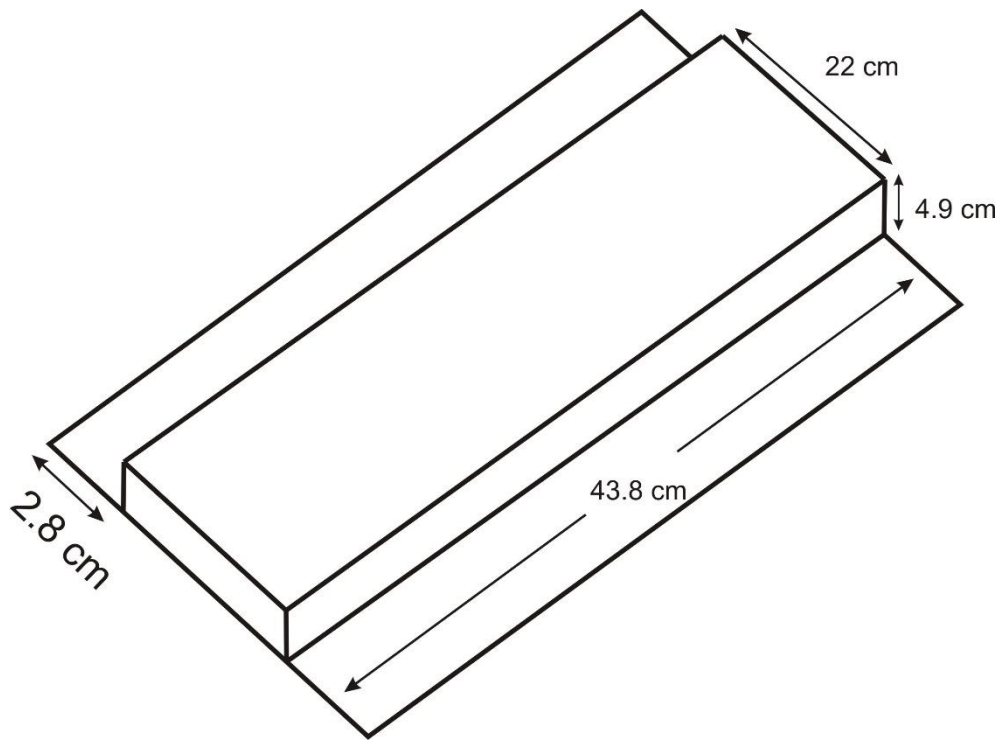
# Mediadas.



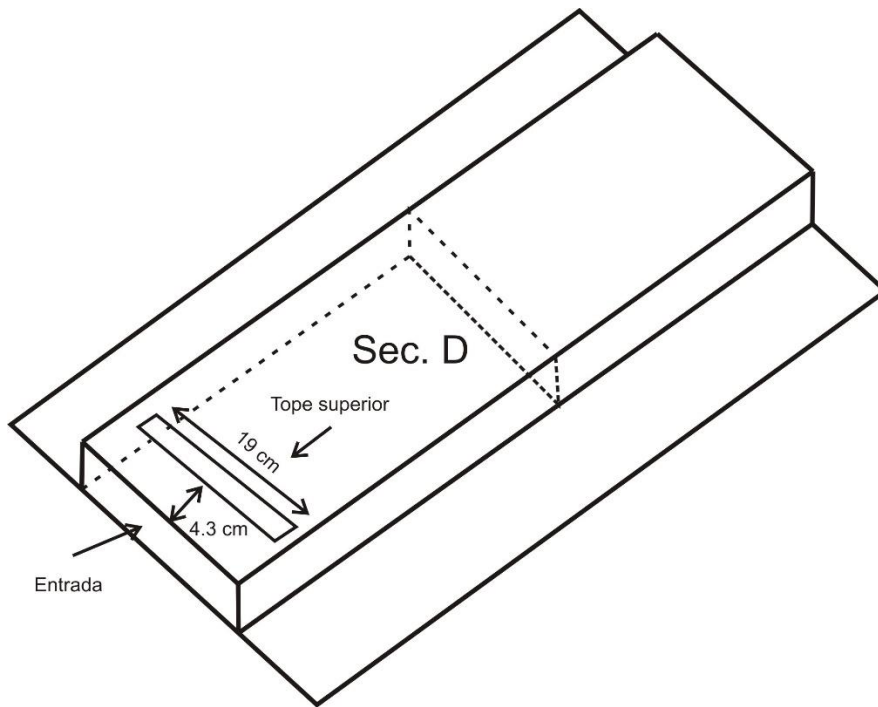
# Base Principal inferior.



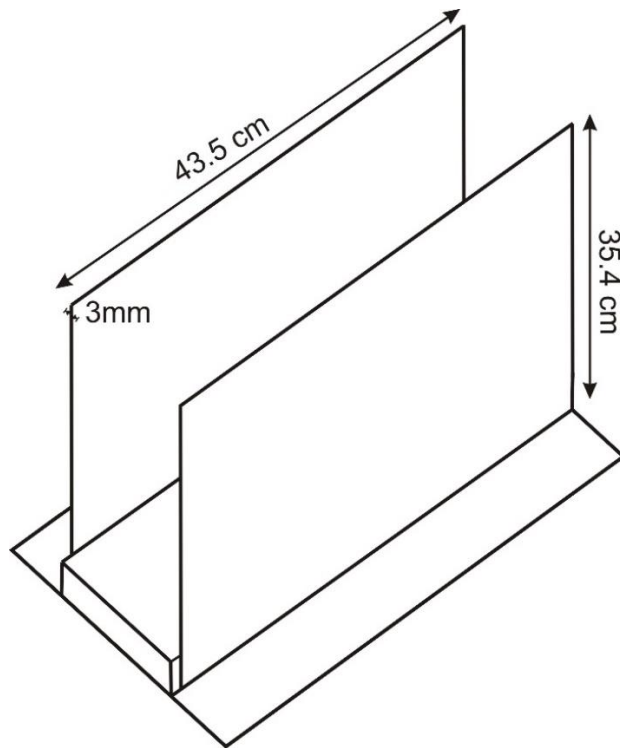
# Paredes internas.



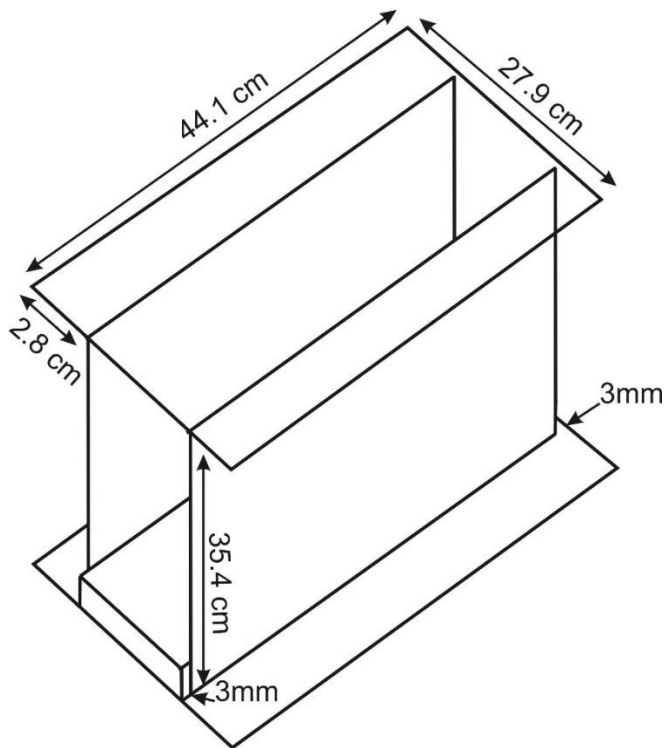
Pared superior del primer nivel o cajones de accesorios y circuito.



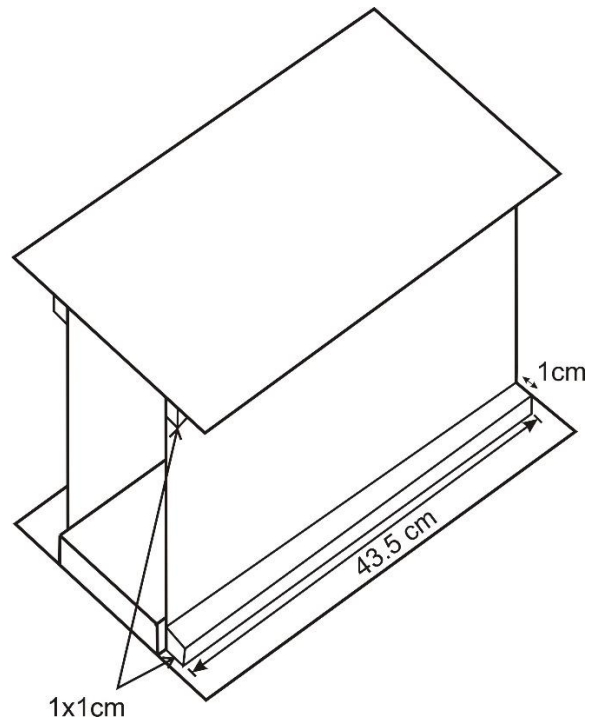
Pestaña de soporte para evitar que el cajón de aditamentos salga.



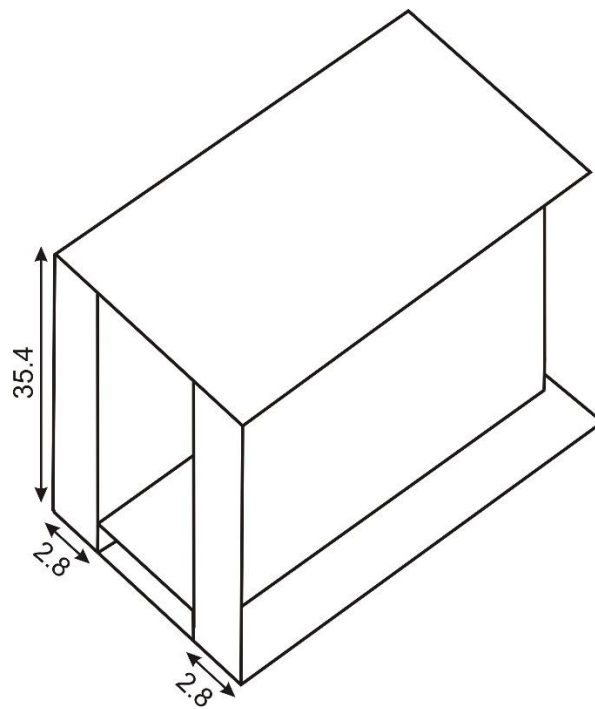
Paredes internas transparentes.



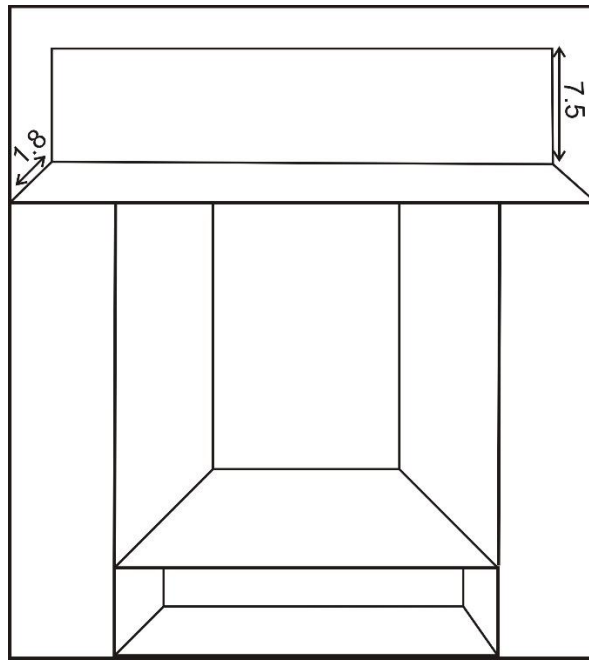
Pared superior.



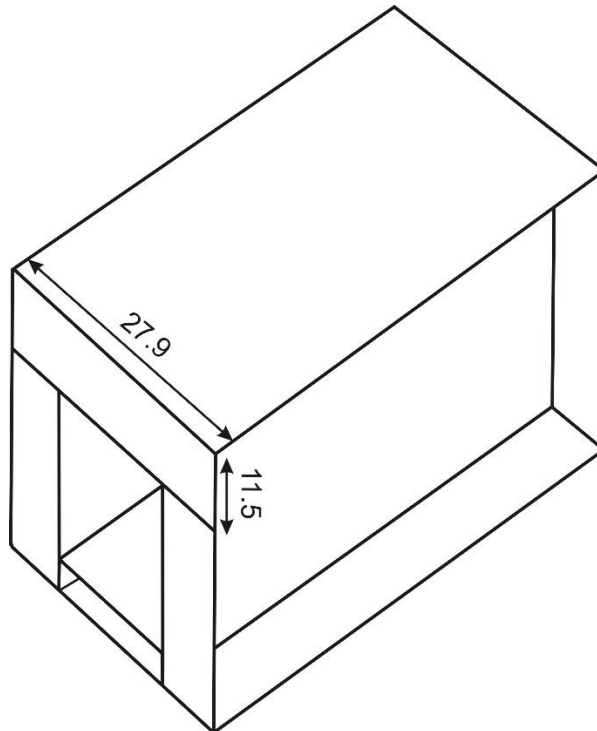
Pestañas de soporte.



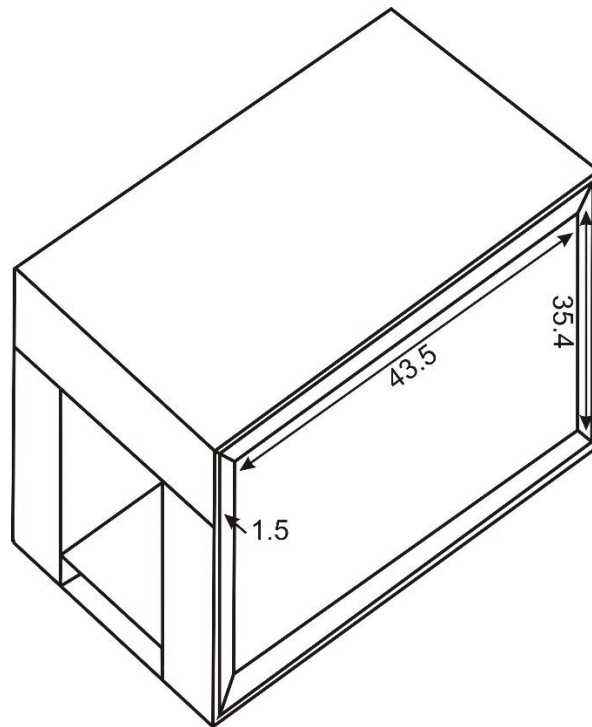
Paredes frontales.



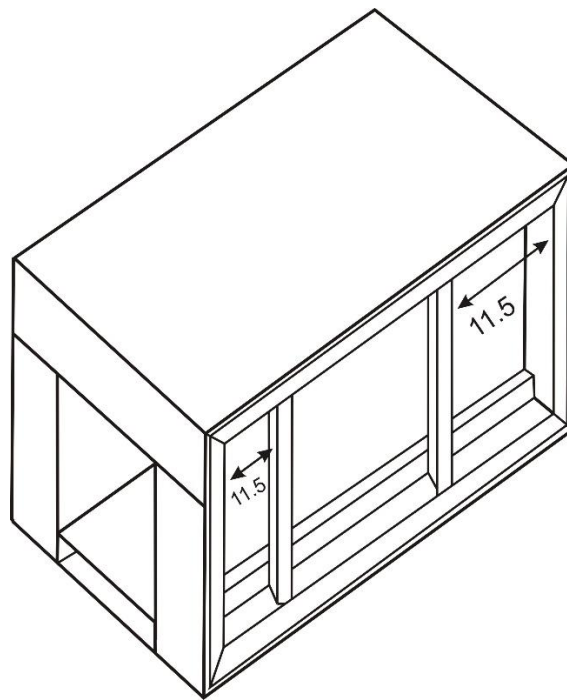
Paredes internas para área de entrada de aire.



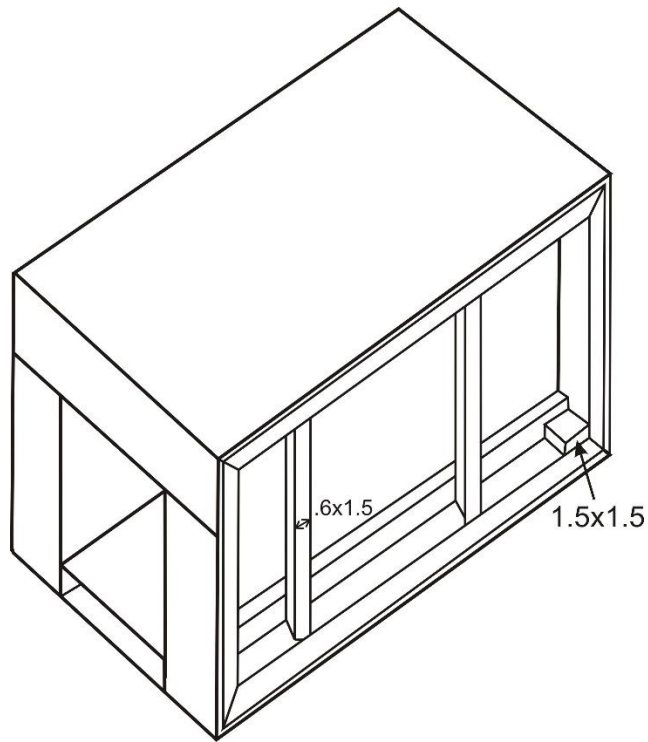
Pared frontal superior.



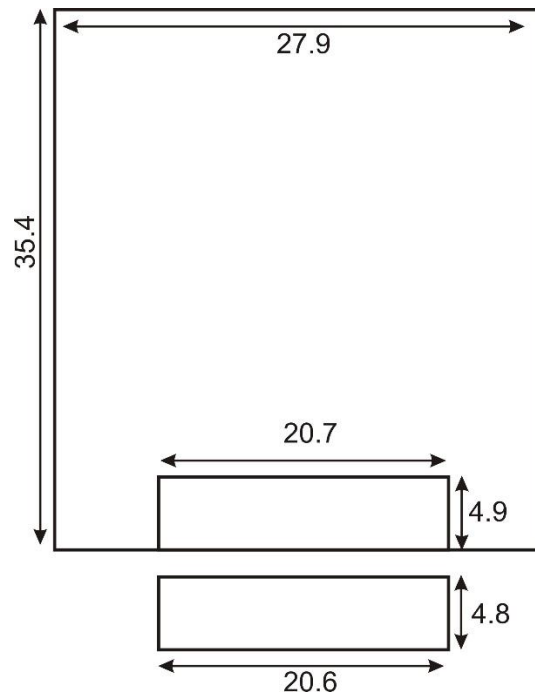
Paredes laterales



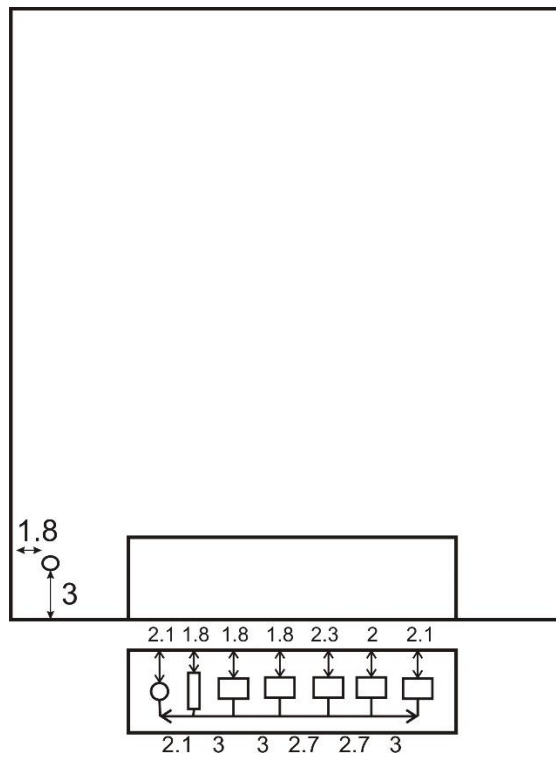
Separación de barras de soporte para sensores infrarrojos



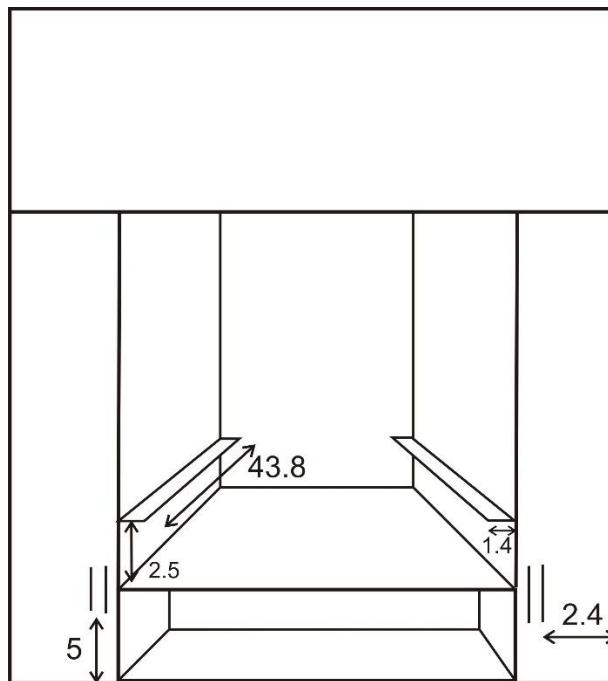
Esquinero de soporte para tapa exterior.



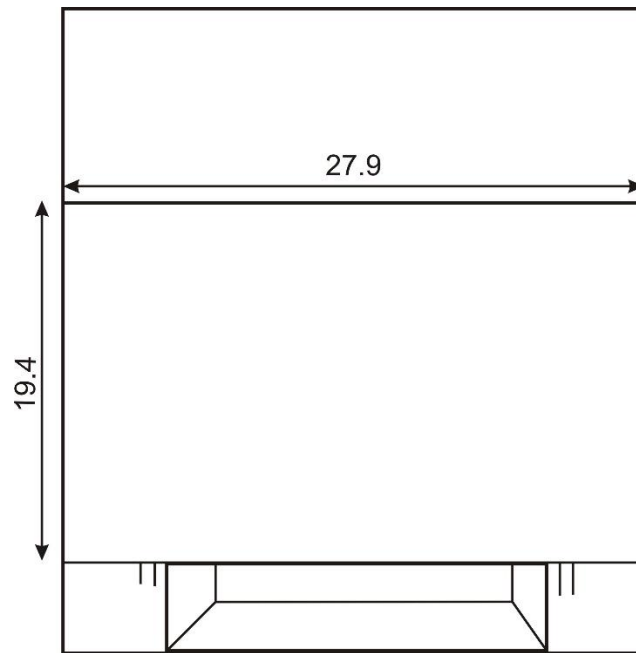
Tapa trasera.



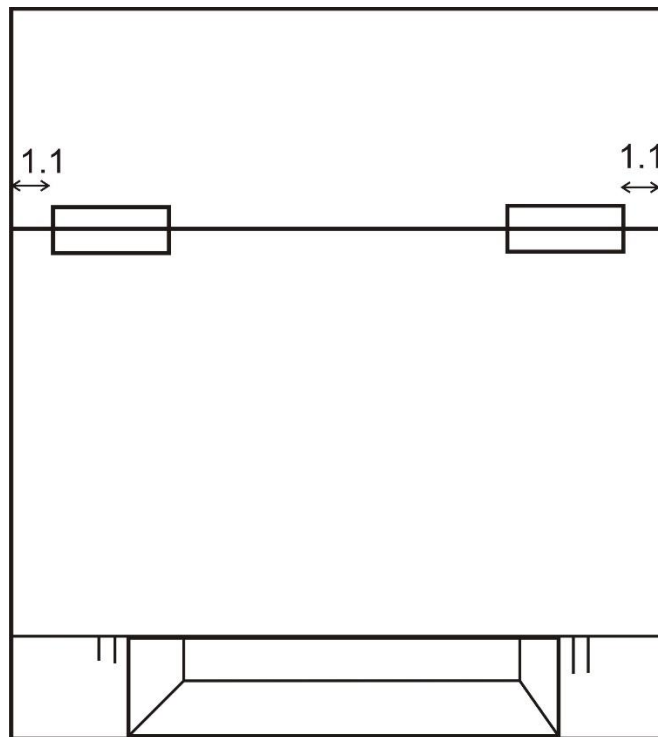
Tapa de componentes Electrónicos.



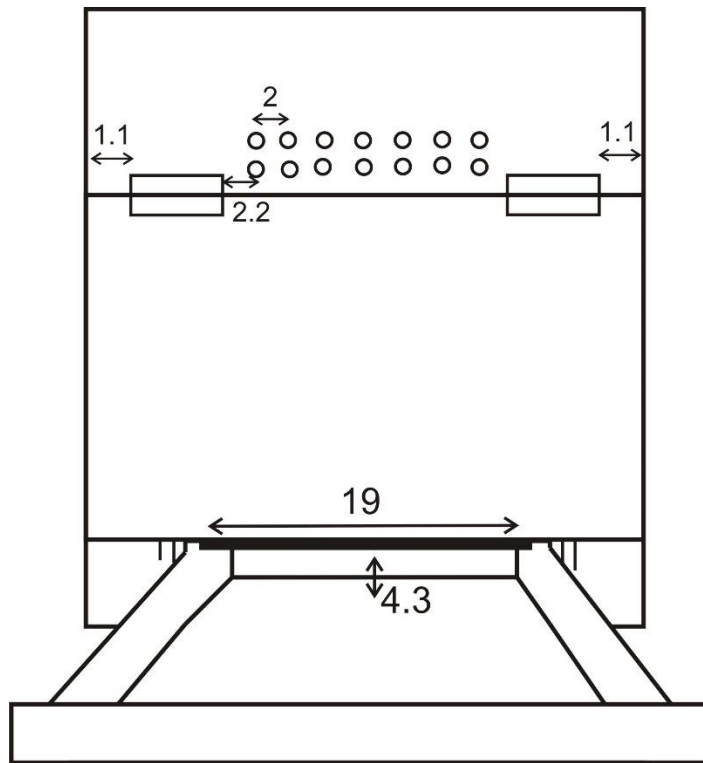
Colocación de sensores magnéticos y Barras de soporte para charola.



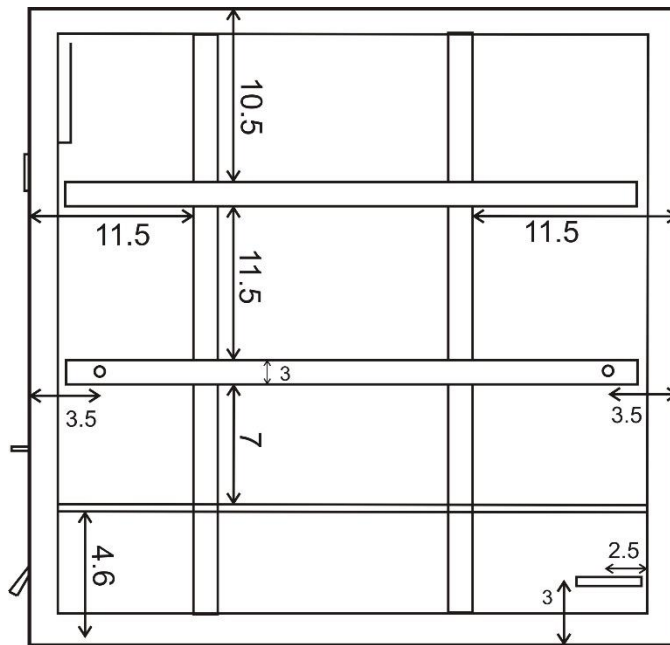
Tapa frontal principal.



Bisagras de soporte para tapa frontal.



Charola de aditamentos y orificios de entrada de aire al interior.



Medidas de colocación de barras infrarrojas.

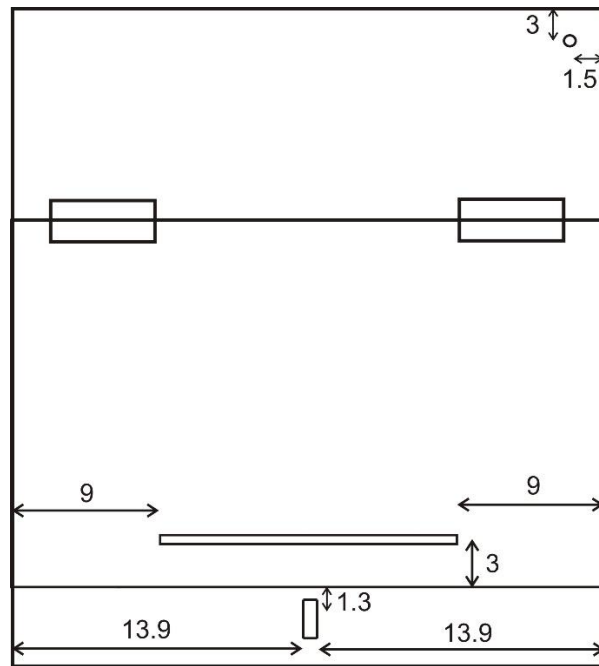
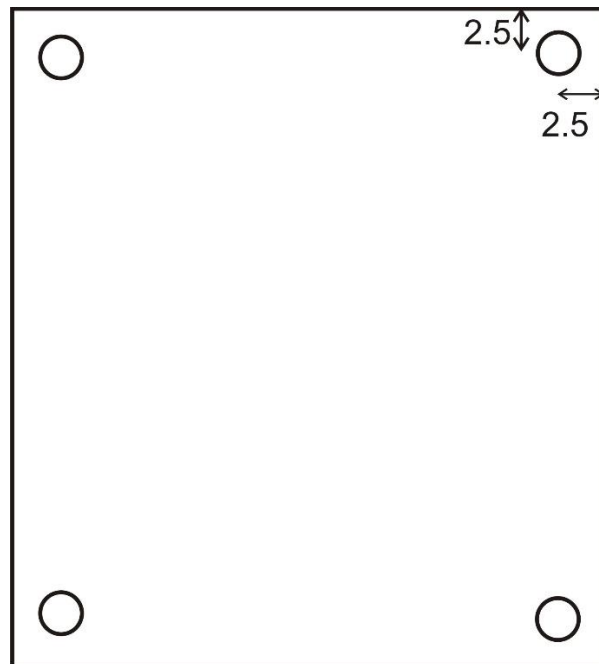
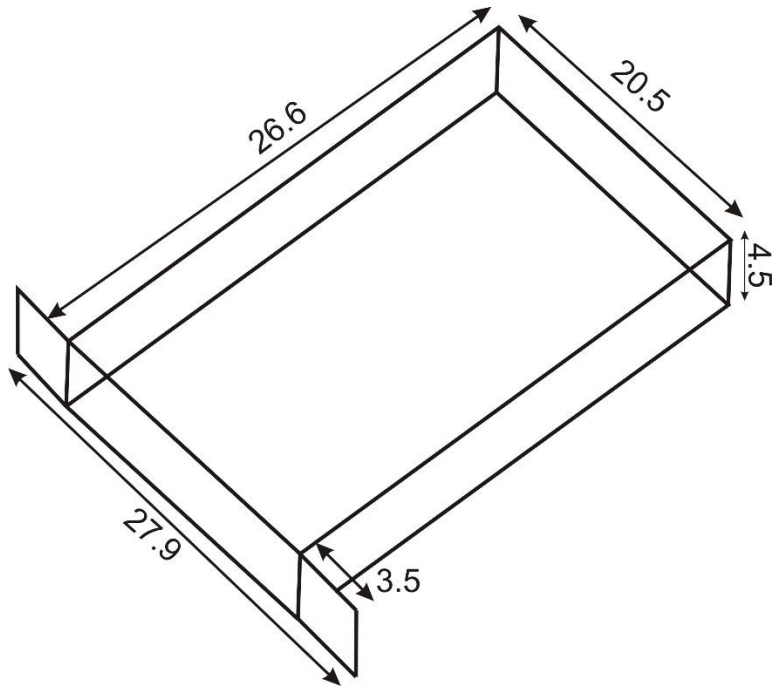


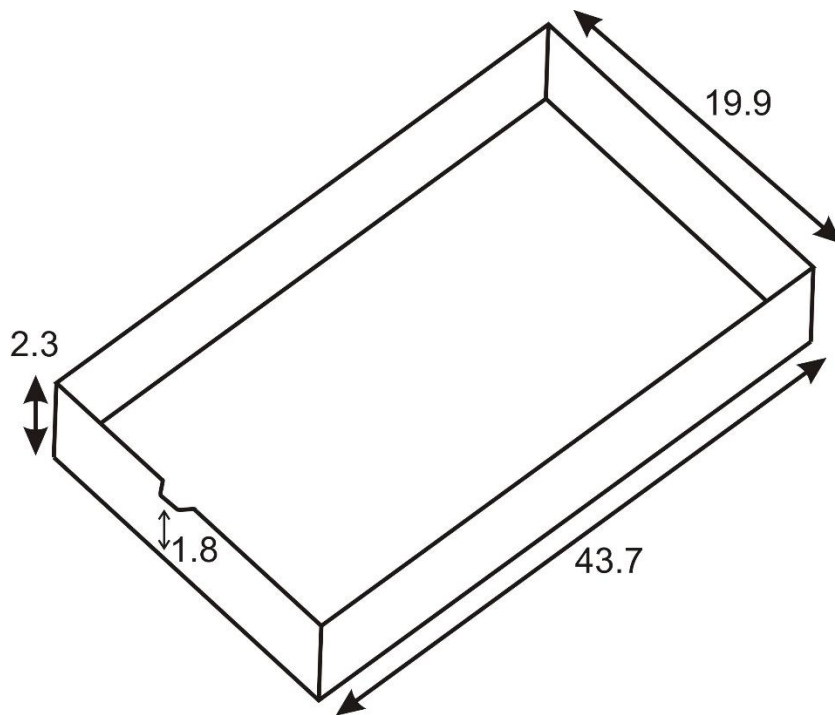
Imagen de posición de manijas y led indicador de transmisión.



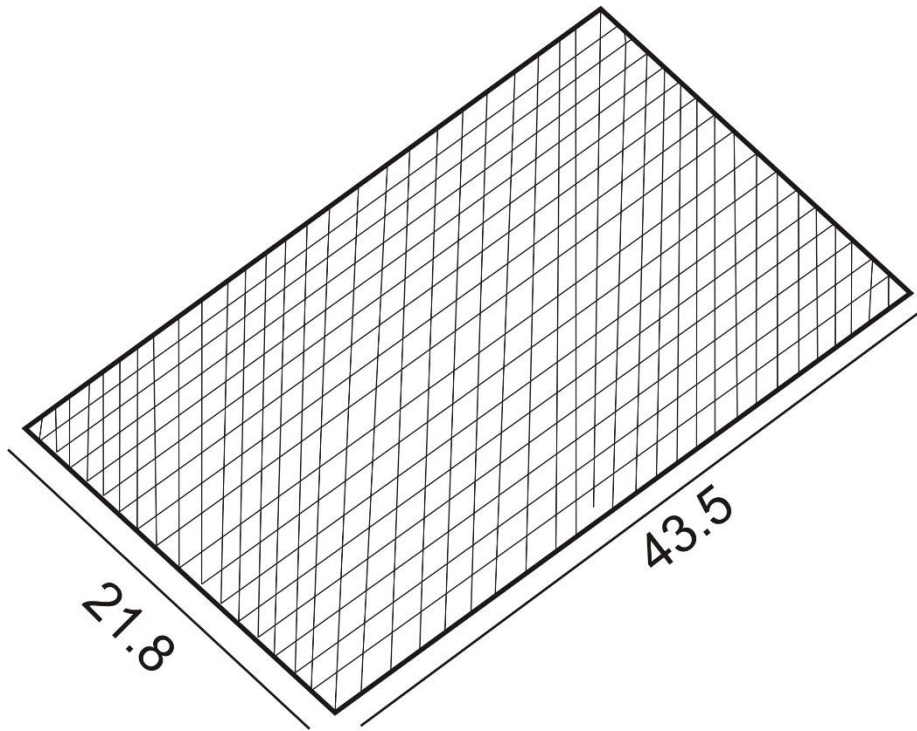
Soportes inferiores de la caja.



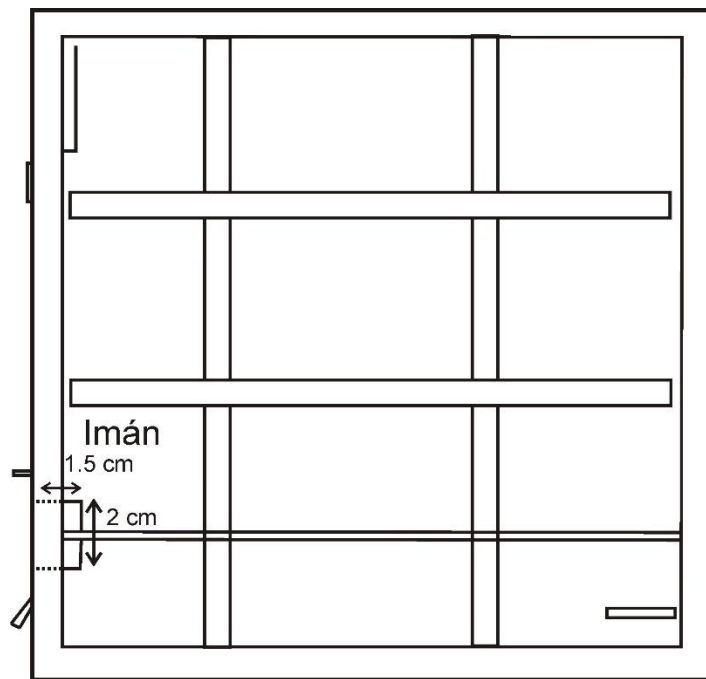
Caja de aditamentos.



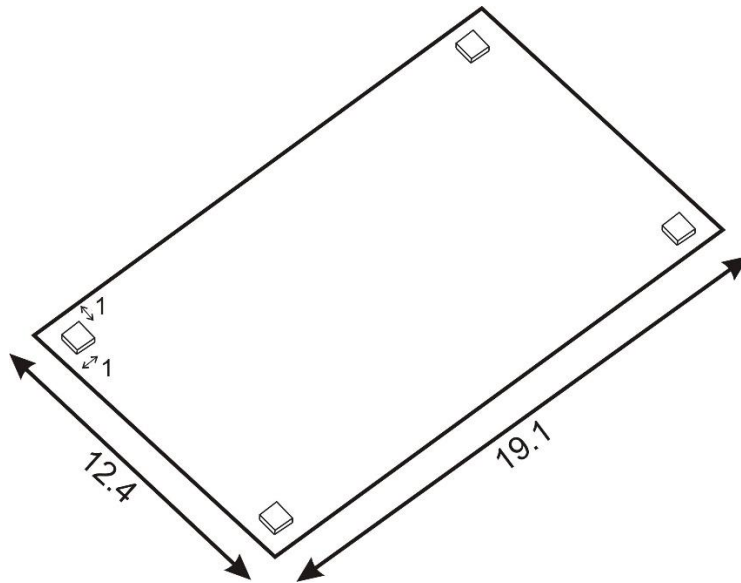
Caja de Micción.



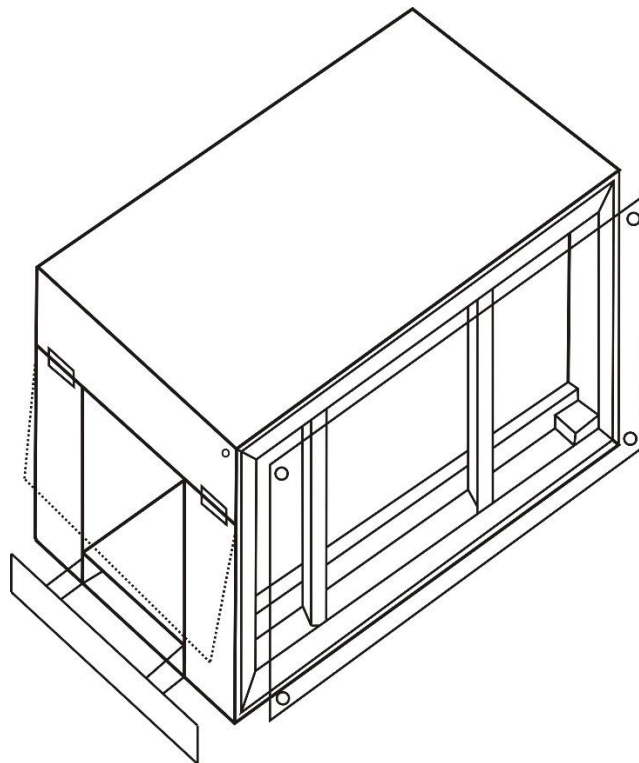
Charola metálica



Colocación de imán para tapa.



Superficie de soporte electrónico.



Caja final.

Apéndice. B)

Manual.

**iDEC Electrónica**

Manual de usuario

**Rmotionsensor R7**

Ver:1.0.1



# Contenido

## **Características generales**

CONTENIDO.....	3
Contenido del paquete .....	4
Identificación de piezas .....	4

<b>DESCRIPCION.....</b>	<b>5</b>
Descripción de caja .....	5
Descripción de puertos .....	8
Medidas de seguridad .....	9
Advertencias .....	9

## **ANTES DE EMPEZAR**

Requisitos del sistema .....	10
Abreviaturas .....	10

## **Manejo de puertos**

Uso de puertos .....	11
Manejo de múltiples cajas.....	12

## **Pasos a seguir generales.**

Pasos .....	16
Verificación del puerto COM .....	17

## **Software**

Instalación de software .....	20
Uso del software .....	26
Activación de conexión .....	27
Borrar cajas existentes .....	28
Configuración de caja nueva .....	30
Configuración de parámetros de caja .....	31
Importar a Excel.....	33
Gráfica y lectura obtenida .....	34
Desinstalar .....	34

## CARACTERÍSTICAS GENERALES

---

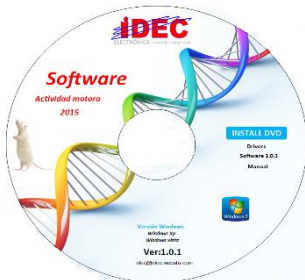
- Alarma sonora al finalizar el trabajo.
- Indicador luminoso de transmisión de datos
- Línea de sensores infrarrojos de alta calidad.
- Nueva línea de sensores para conteo de erguidos rectos.
- Conexión de datos mediante USB
- Monitoreo de datos con PC.
- Reporte al finalizar .
- Gráfica En tiempo real.
- Nueva conexión remota hasta 1Km.
- Nueva Conexión de cajas en RED multipunto con una sola PC.
- Diseño de caja con charola para guardar accesorios.

## Contenido del paquete.

---

- Manual.
- DVD Software.
- Cable USB.
- Fuente de voltaje.
- Caja de actividad motora.
- Módulo Jack.

## Identificación de piezas.



CD



Cable USB



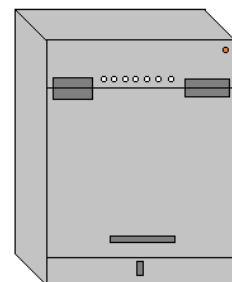
Fuente de voltaje



Conector RED

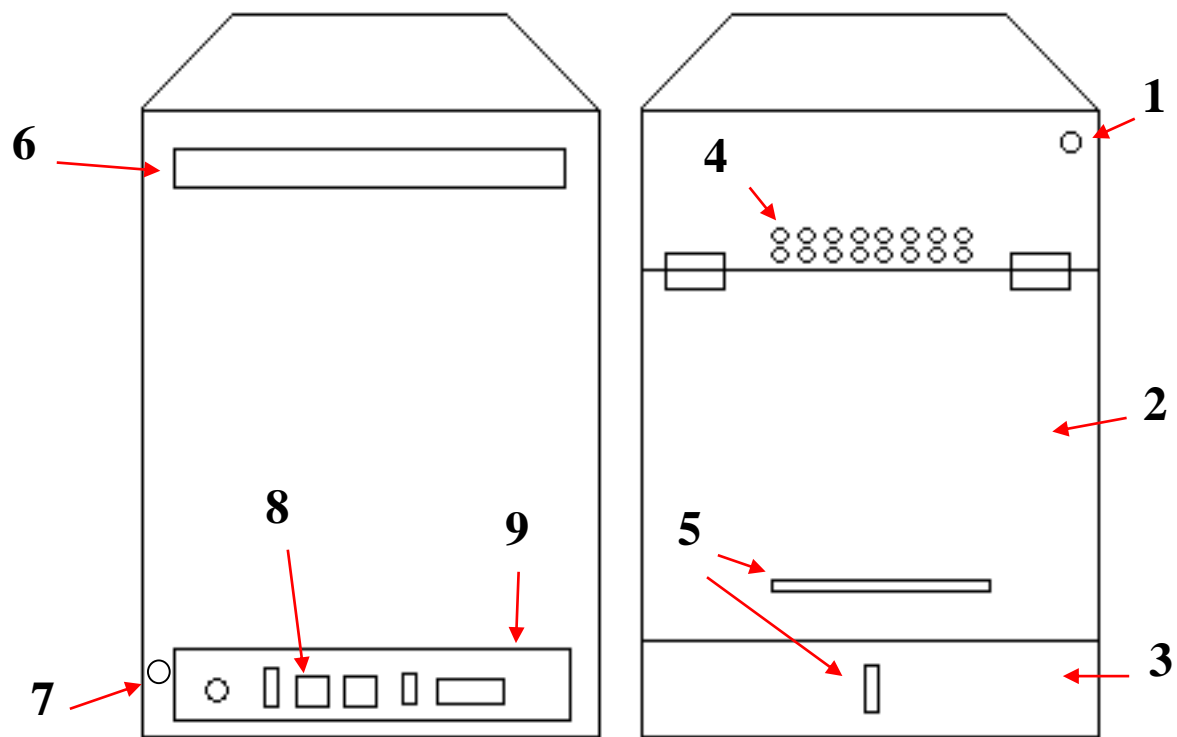


Manual



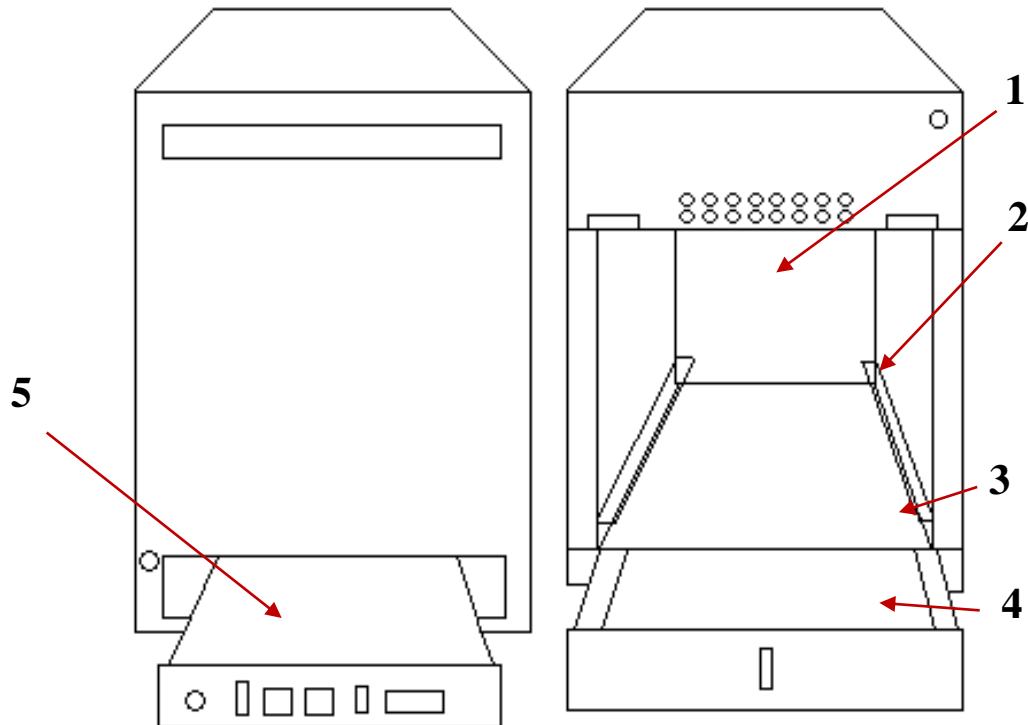
motora

## Descripción de caja



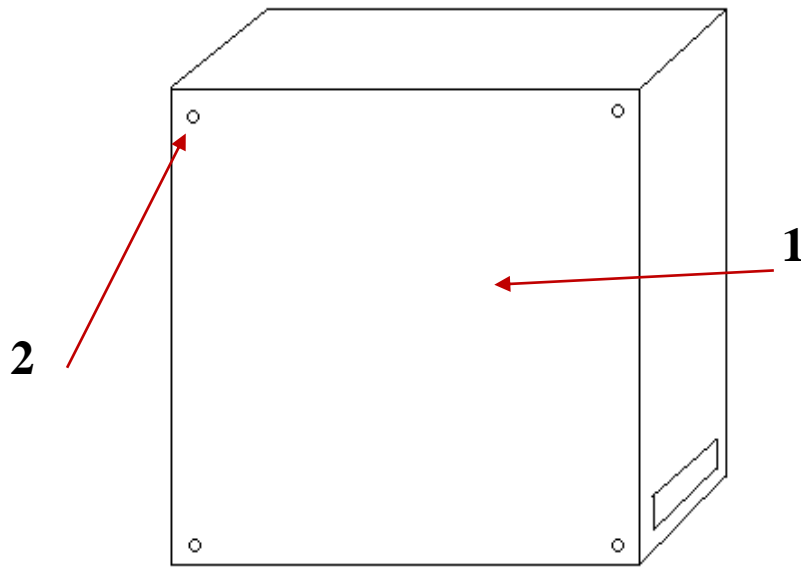
1. Led indicador de comunicación y transmisión de datos.
2. Tapa de entrada hacia área de sensores.
3. Cajón de accesorios.
4. Ventilación.
5. Manijas de apertura.
6. Código de caja.
7. Led indicador de encendido.
8. Puertos de conexión.
9. Caja de circuito.

## Frontal y trasera



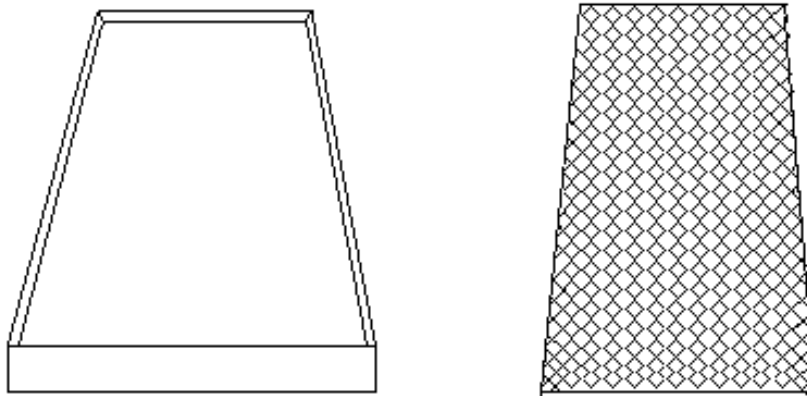
1. Caja interna.
2. Guías para rejilla.
3. Guía para colocación de charola.
4. Charola de almacenamiento de componentes.
5. Circuito Electrónico.

## Vista



1. Tapa lateral removible.
2. Tornillos para retirar tapa.

## Charola y rejilla

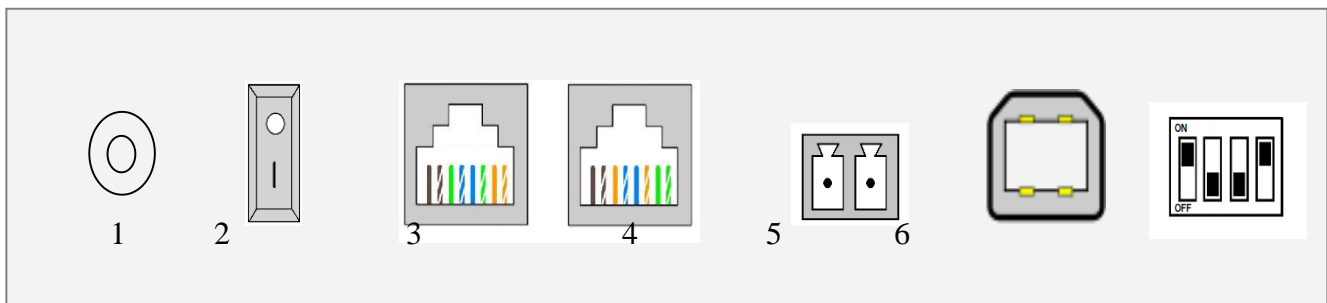


1. Charola.
2. Rejilla para camino de ratas.

# Descripción de puertos

---

1. Entrada DC.
2. Apagador.
3. Puertos RED.
4. Puerto Red Remoto.
5. USB-PC
6. Seleccionador de puerto.



- 1) La fuente de alimentación es de 5 DC.
- 2) Apagador de alimentación hacia la tarjeta principal.
- 3) Puertos de RED: el funcionamiento principal de este puerto es colocar hasta máximo veinte cajas en serie para monitorearlas en un solo equipo.
- 4) Puerto de RED remoto, su función es la de estar monitoreando las cajas de manera remota evitando estar en el lugar físicamente presente.
- 5) La función del puerto USB es trabajar con un equipo localmente, no se puede exceder el largo de cable incluido, podría generar malas lecturas.
- 6) Interruptores de selección de modo, puede ser remotamente, localmente ó apagado.

## Medidas de seguridad

---

1. No instalar el equipo en lugares húmedos esto podría ocasionar daños parciales o permanentes.
2. No instalar en lugares de alto riesgo a sufrir algún golpe, podría dañarse.
3. No intercambiar piezas entre modelos similares o iguales pueden dañar algún puerto o equipo.
4. Identificar conectores y cables en la sección correspondiente.
5. No dejar el sistema funcionando sin supervisión de alguna persona.

## Advertencias

---

Para más información visite el sitio web: escribanos a: [cal26x@hotmail.com](mailto:cal26x@hotmail.com)

**Nota: Verificar si la fuente de alimentación es correcta  
110 AC, para evitar descargas o daños.**



### **Precaución.**

- \* Utilice equipo de seguridad adecuado para corrientes de 120 AC.
- \* No limpiar los conectores con trapo húmedo o líquidos, puede ocasionar descargas, utilice trapo seco y sin líquidos limpiadores, abrasivos ni solventes.
- \* Identificar los conectores o terminales para evitar daños futuros.
- \* No utilizar fuentes ajenas al sistema podría ocasionar daños.
- \* No manipular el sistema con manos húmedas puede ocasionar descargas.

## Antes de empezar

### Requisitos del sistema.

---

#### Óptimos

- \* Windows xp, Vista, 7.
- \* Memoria Ram 2 GB.
- \* Acrobat Reader.
- \* Microsoft Office .
- \* Winrar .
- \* Flash player.
- \* Java 8.

#### Mínimos

- \* Windows xp, Vista, 7.
- \* Memoria Ram 1 GB.
- \* Acrobat Reader.
- \* Microsoft Office.
- \* Winrar.
- \* Flash player.
- \* Java 8.

### Abreviaturas

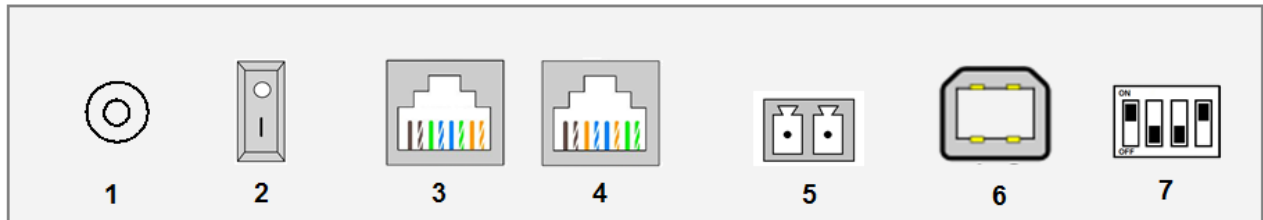
---

VDC/DC	Voltaje directo.
Mod	Caja de actividad motora.
KM	Kilometro.
Mod	Módulo.
Mt	Metros.
Caja	Caja de actividad motora.
Min	Minutos.
COM	Puerta de enlace de nuestro dispositivo

# INSTALACIÓN

## Uso de puertos

---



1. Conector de Voltaje de entrada, 5 VDC.
2. Interruptor de apagado y encendido.
3. Puerto de RED de salida. Se puede conectar a otro mod.
4. Puerto de RED de entrada. Conector para entrada de otro mod.
5. Puerto de conexión de red para envío de datos hacia una PC remota distancia máxima 1 km.  
“De ayuda para no estar en el lugar donde se encuentra la caja de actividad motora”.
6. Puerto USB de datos hacia PC.
7. Dip switch seleccionador de puerto remoto (5) ó modo PC local (6).

- Configuración en modo PC remota



PC remota

- Configuración en modo APAGADO



Apagado

- Configuración en modo PC local



PC Local

**Nota:** “**APAGADO**” En esta configuración no se enviarán datos ni remotamente ni localmente a PC.

### **MODO PC LOCAL.**

En esta función el sistema estará trabajando con un equipo local conectado mediante puerto USB proporcionado por el fabricante no debemos exceder el largo de este. Asegurarse de que el Dip switch esté en modo local ya que si no tendremos lecturas erróneas. (ver imagen de conexión **A**).

### **MODO PC REMOTA.**

El sistema podrá estar a una distancia máxima de 1km, esto será mediante el puerto 5 de Red remota. (ver imagen de conexión **b**). Para poder hacer uso de esta opción es necesario adquirir el módulo de red Rs485.(contáctese con proveedor).

**Nota:** Si en algún momento se interrumpe la conexión por causa de desconexión de cable se debe pausar o reiniciar nuevamente el equipo para que sea nuevamente detectado por el software.

## **Manejo de múltiples cajas**

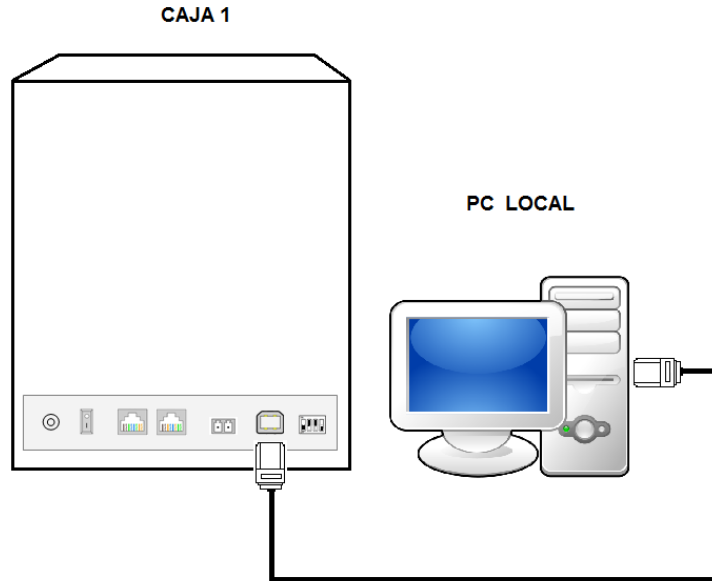
---

### **Beneficios del experimentador al hacer uso de cajas múltiples o cajas en RED.**

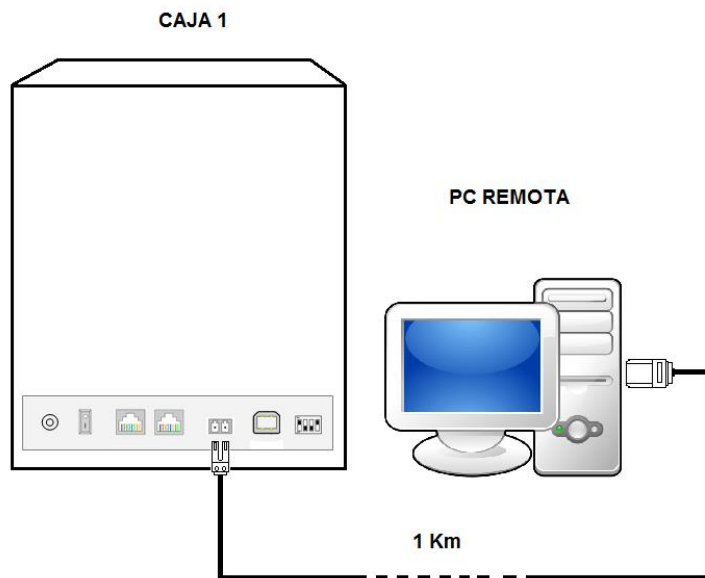
- ⇒ Experimento de varios fármacos simultáneamente.
- ⇒ Experimento de comportamiento mediante un mismo fármaco en diferentes ratas.
- ⇒ Reducir el tiempo entre experimentos.
- ⇒ Reducción de equipo en el campo de trabajo.
- ⇒ Mayor exactitud entre experimentos.

**Nota:** El número de equipos máximo a conectar en red depende de la versión de software adquirido no se podrán conectar más de estos.

# CABLEADO DE 1 CAJA

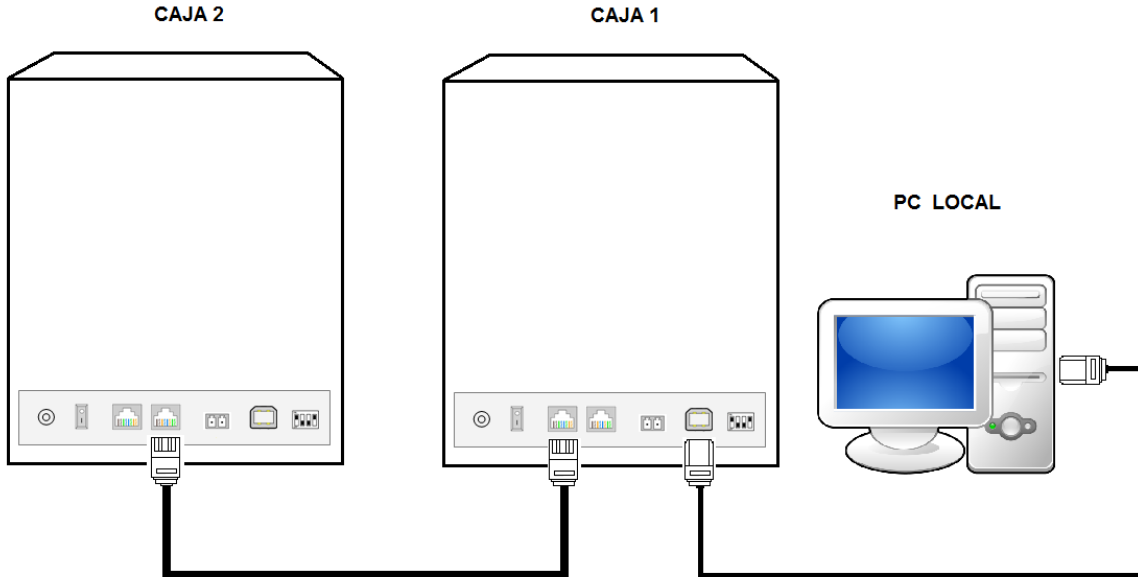


# CABLEADO DE 1 CAJA



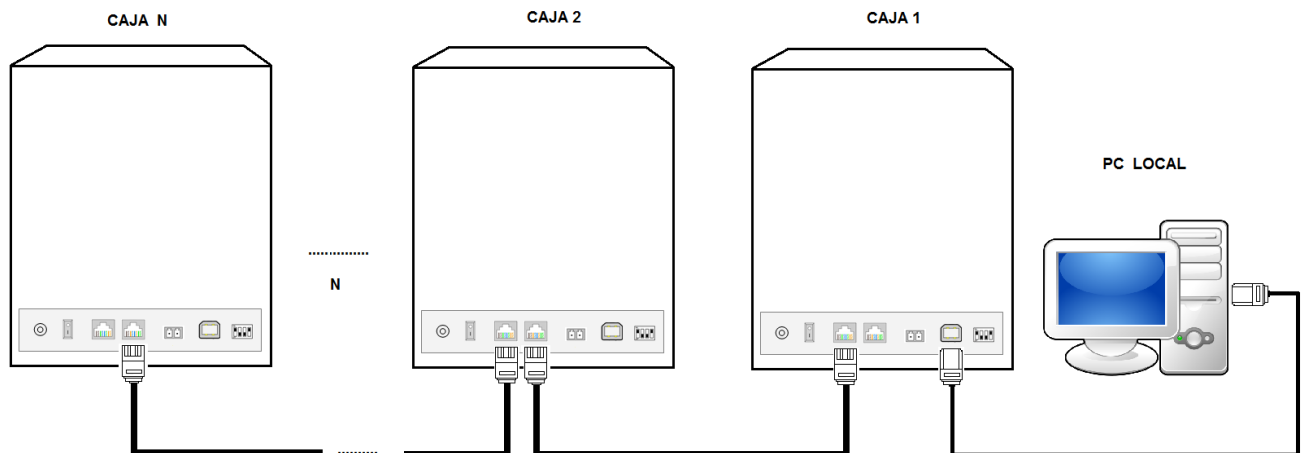
## CABLEADO DE 2 CAJAS MÚLTIPLES

La distancia máxima de la caja remotamente a la PC es de 1K m, para hacer la conexión



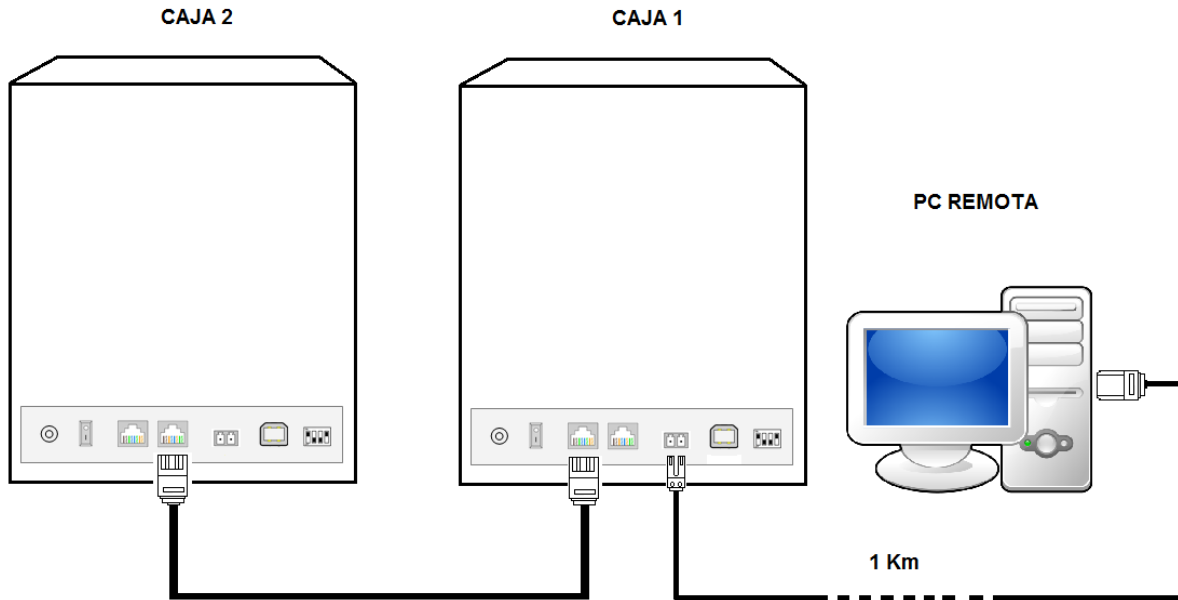
El cableado de red entre cajas debe de ir de salida “Red 1” a entrada “Red 2” ver imagen. No debe ser de entre el mismo puerto.

## CABLEADO DE MAS DE 2 CAJAS MÚLTIPLES

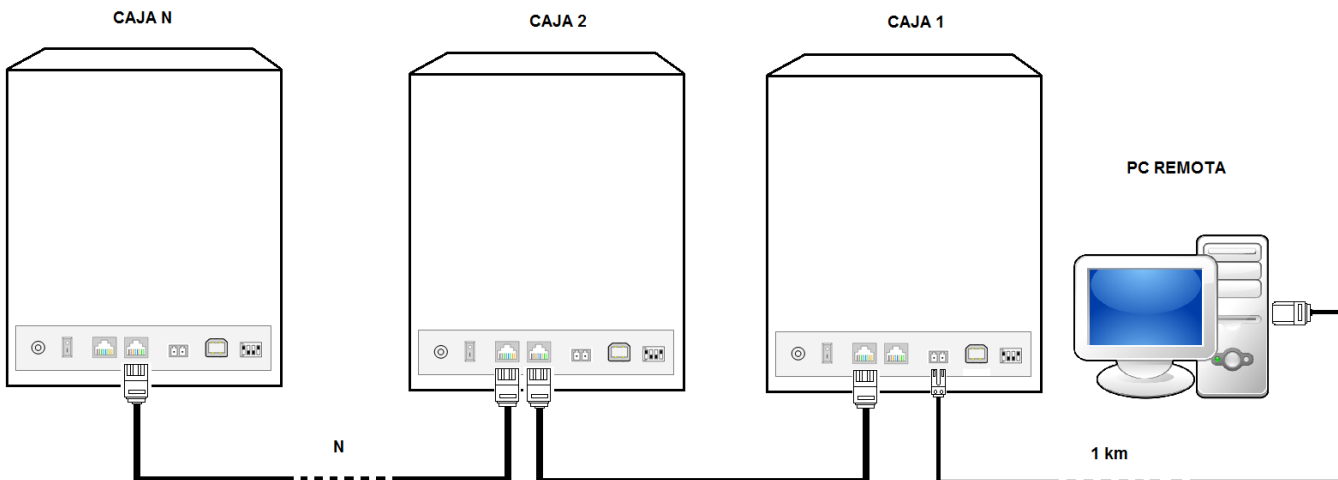


**Nota:** La conexión entre cajas no puede exceder más de 200 metros entre ellas.

## CABLEADO DE 2 CAJAS MÚLTIPLES REMOTAMENTE. (e)



## MANEJO DE MAS 2 CAJAS MULTIPLES



**Nota:** Para conectar las cajas en red los equipos deben utilizar cable especializado por el fabricante.

# PASOS GENERALES

## **Pasos a seguir para una rutina de trabajo adecuada**

---

### Generales.

1. Identificar los accesorios del equipo.
2. Identificar los puertos de la caja.
3. Verificar requerimientos del sistema PC.
4. Verificar toma de corriente 110Ac.
5. Instalar software.

### Particulares.

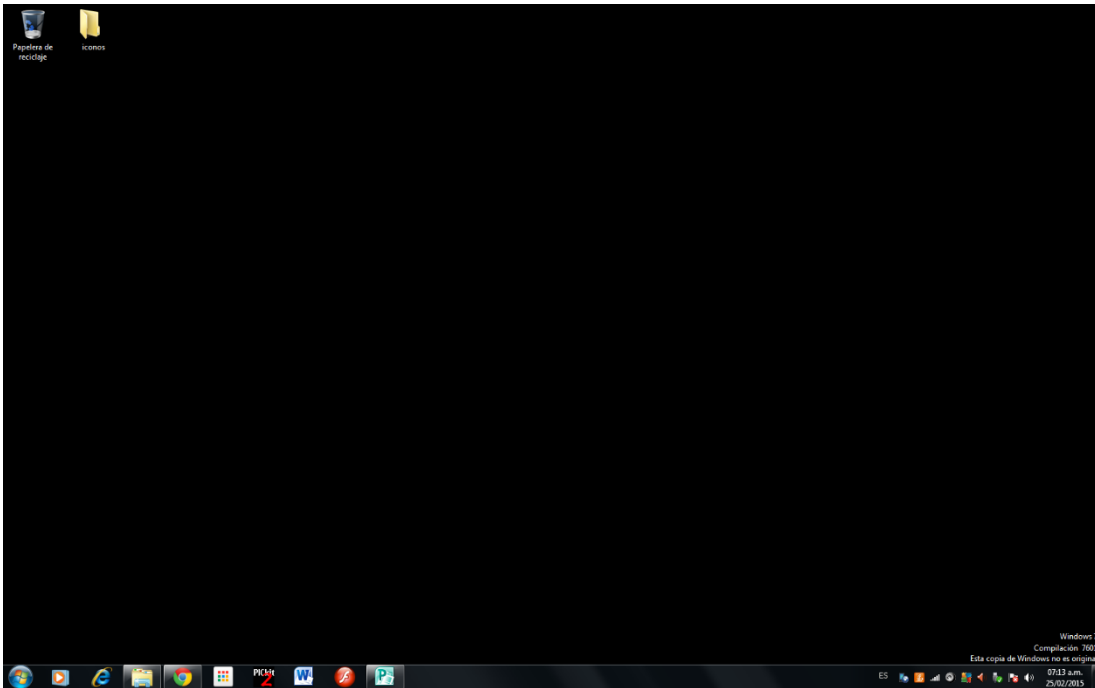
1. Prender equipo PC.
2. Conectar cableado.
3. Prender Caja.
4. Meter rata a la caja.
5. Configurar equipo en PC.
6. Verificar el puerto COM del equipo. Ver sec A.
7. Configuración de datos.
8. Iniciar prueba.

# VERIFICACION DE PUERTO COM (SEC-1)

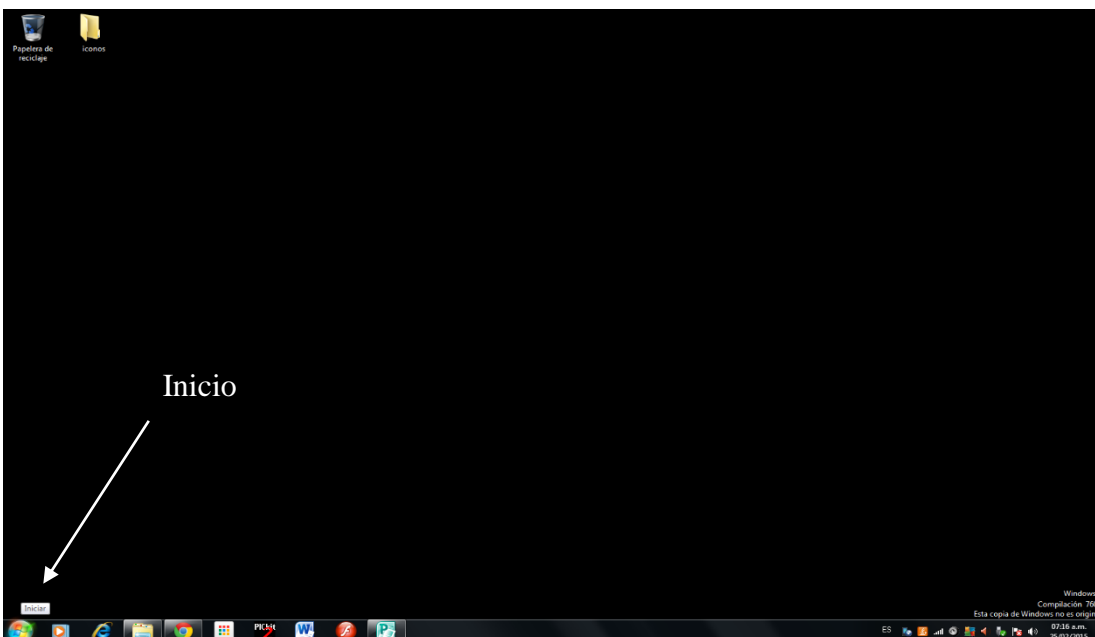
---

Para poder trabajar con nuestro sistema debemos saber en qué puerto de nuestra PC está conectado nuestro puerto USB o comúnmente llamado puerto COM para esto debemos seguir los siguientes pasos:

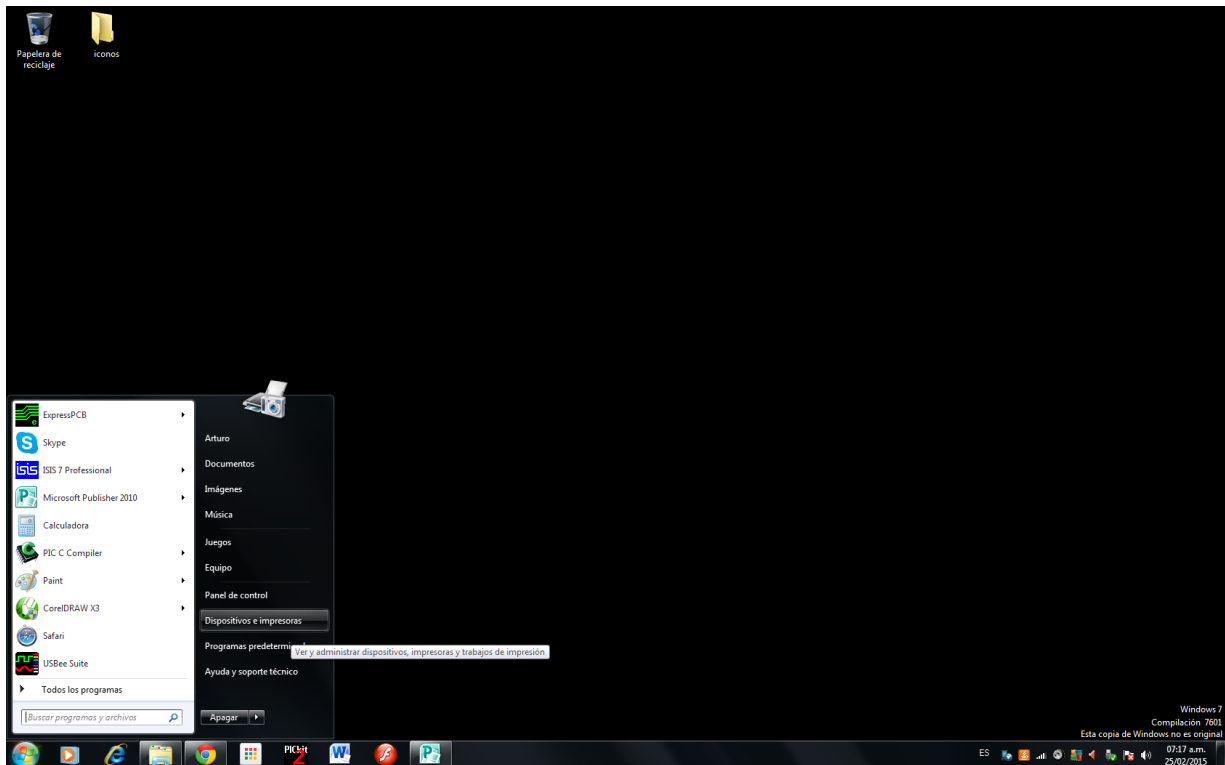
1. Estar en escritorio.



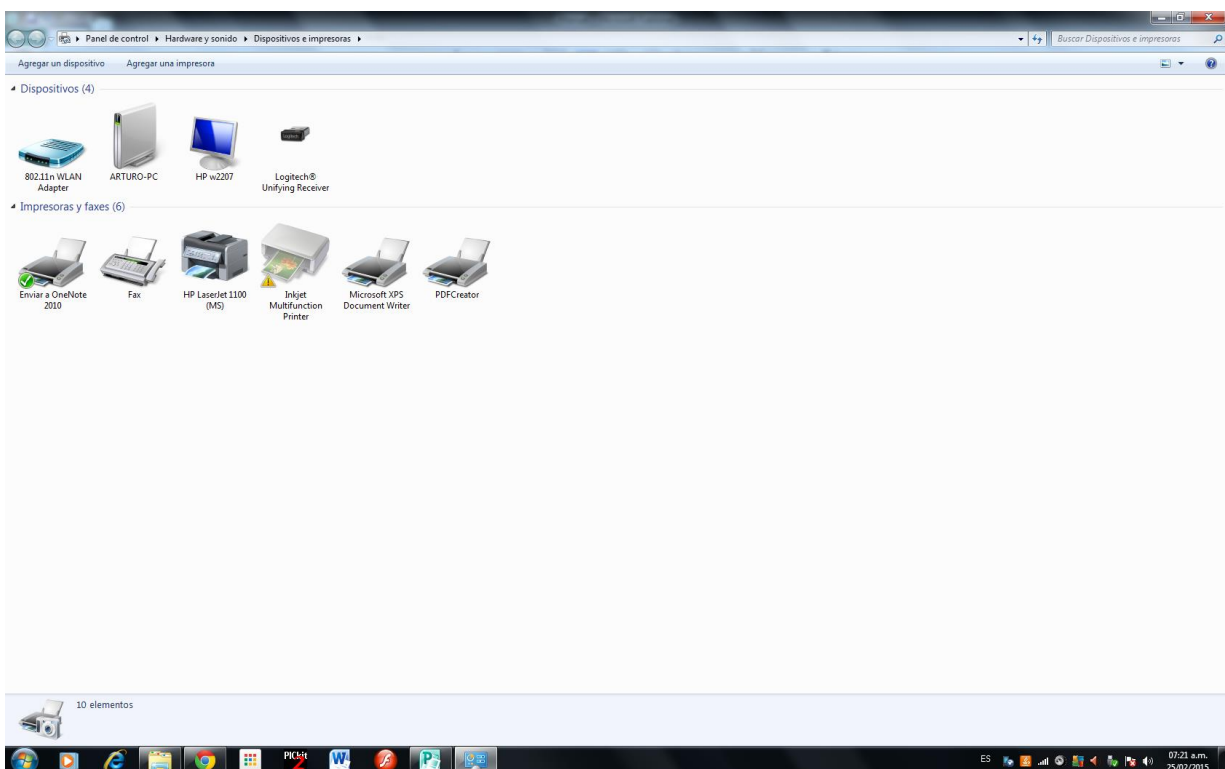
2. Con el botón izquierdo oprimir sobre la banderita de inicio.



3. Oprimir con botón izquierdo en dispositivos e impresoras.



4. Antes de conectar nuestra caja tendremos una pantalla que nos mostrara los periféricos conectados a nuestro equipo, (impresoras , fax entre otros). Ver que nuestra caja aun no aparece.



5. Conectar puerto USB y verificar el cambio en pantalla, el nuevo dispositivo aparecerá como en la imagen el puerto COM es: ver imagen.



6. Observar puerto para poder configurarlo en sistema.



# INSTALACION DE SOFTWARE

---

- 1.- Insertamos DVD.
- 2.- Se ejecutará DVD.
- 3.- Mostrara la pantalla de instalación Fig.1



Fig.1

**Nota:** Las versiones de software para múltiples cajas van de 2, 4, 8, 12, 20 Equipos máximo.

4.– Se abrirá una pantalla de Bienvenida a la que diremos siguiente. Fig.2

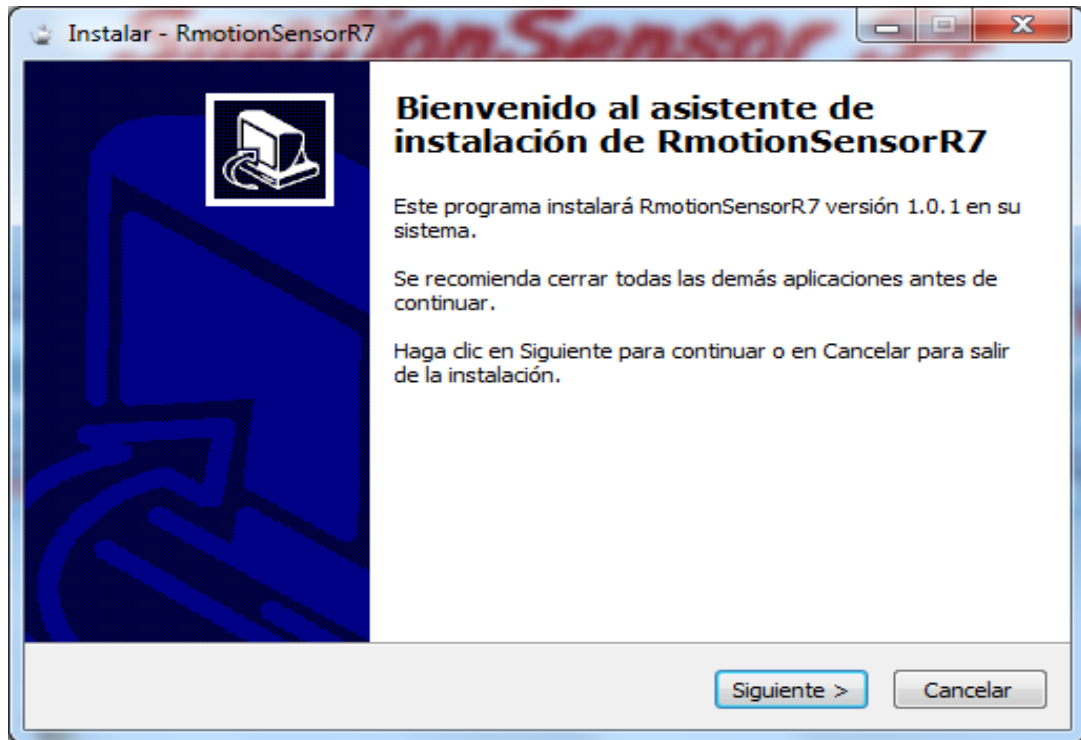


Fig.2

5.– Pantalla que indica la dirección o carpeta donde se instalara el programa, podremos cambiarlo si así lo requerimos. Fig.3

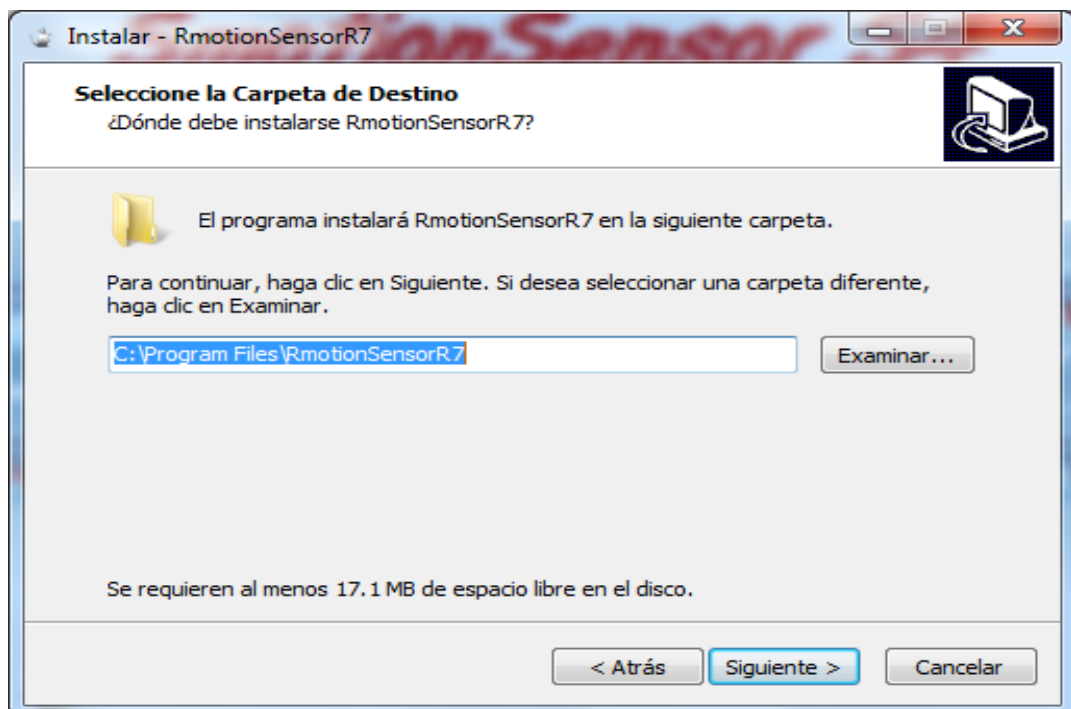


Fig.3

6.– Selección de carpeta de menú inicio donde se colocará los accesos directos del programa. Se puede modificar si se conoce de alguna otra carpeta por el instalador. Fig.4

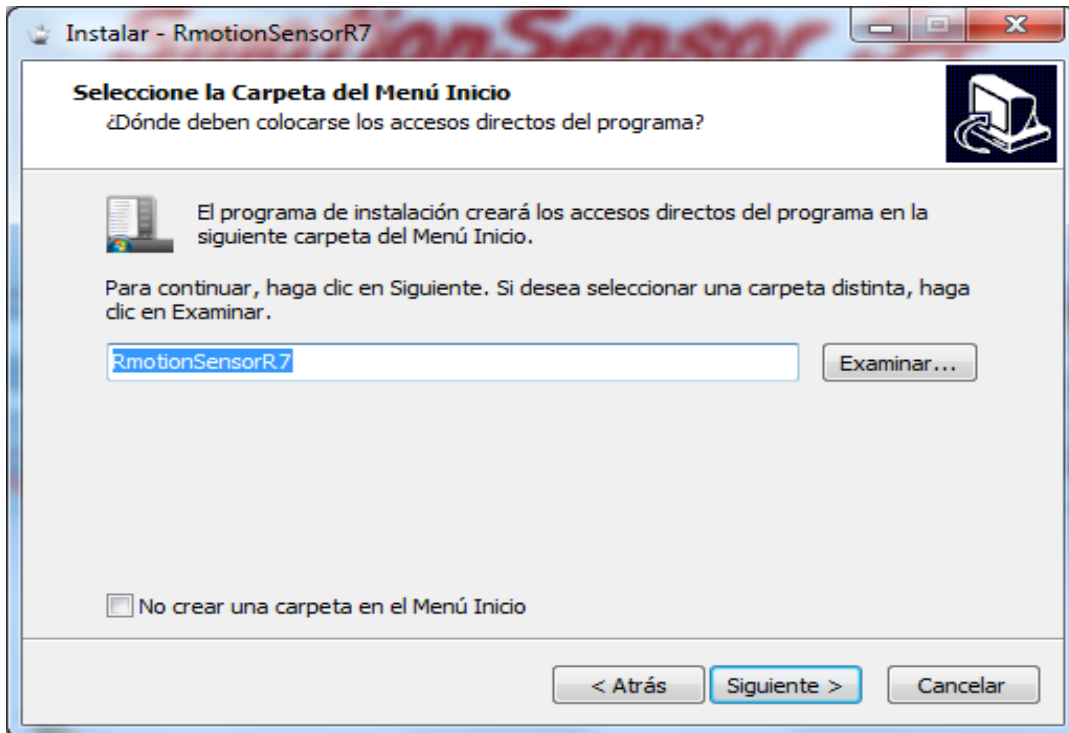


Fig.4

7.– Si se requiere de icono en el escritorio se debe seleccionar el recuadro de crear icono en escritorio útil para ejecutar rápidamente. Fig.5

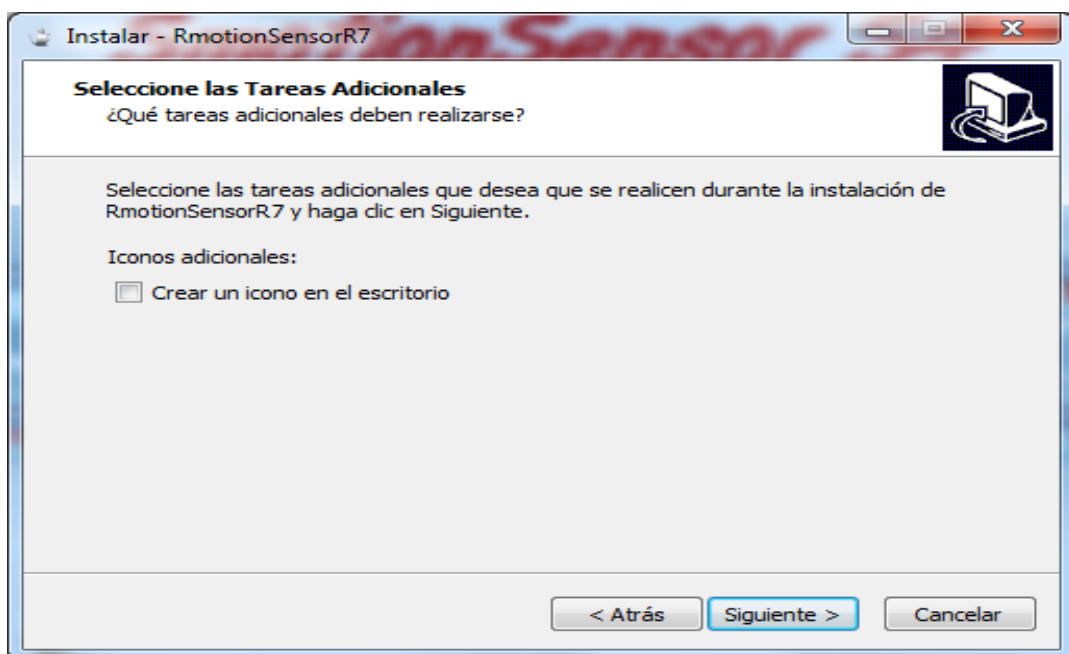


Fig.5

8.– Indicador de que el programa está listo para ser instalado. Fig.6

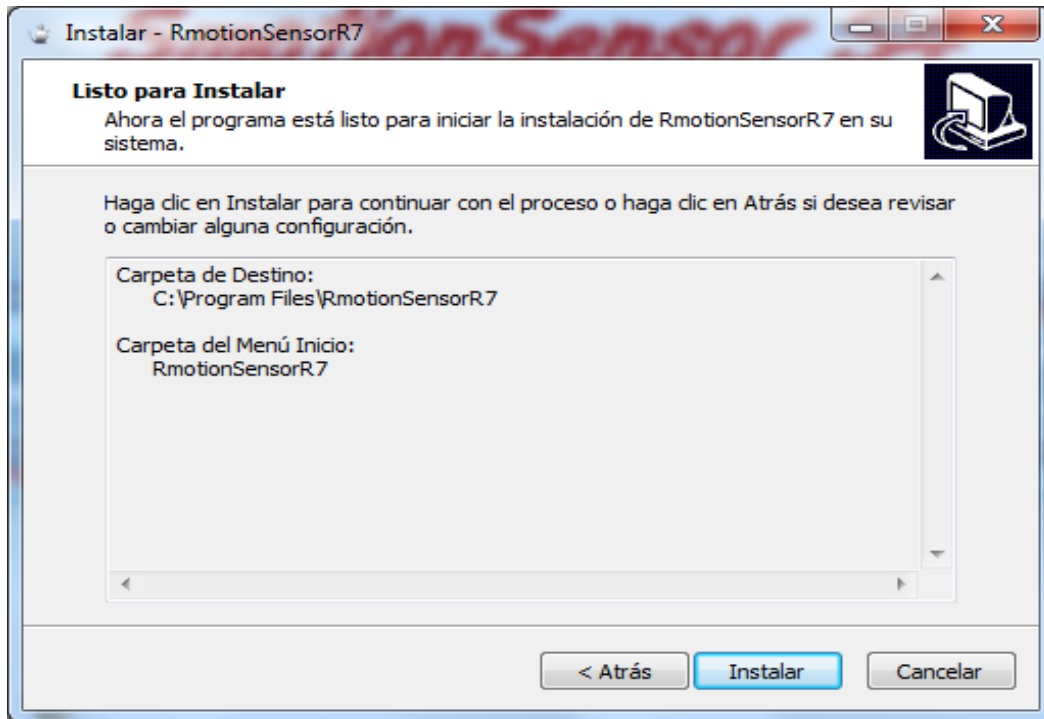


Fig.6

9.– Barra indicadora del proceso de instalación Fig.7

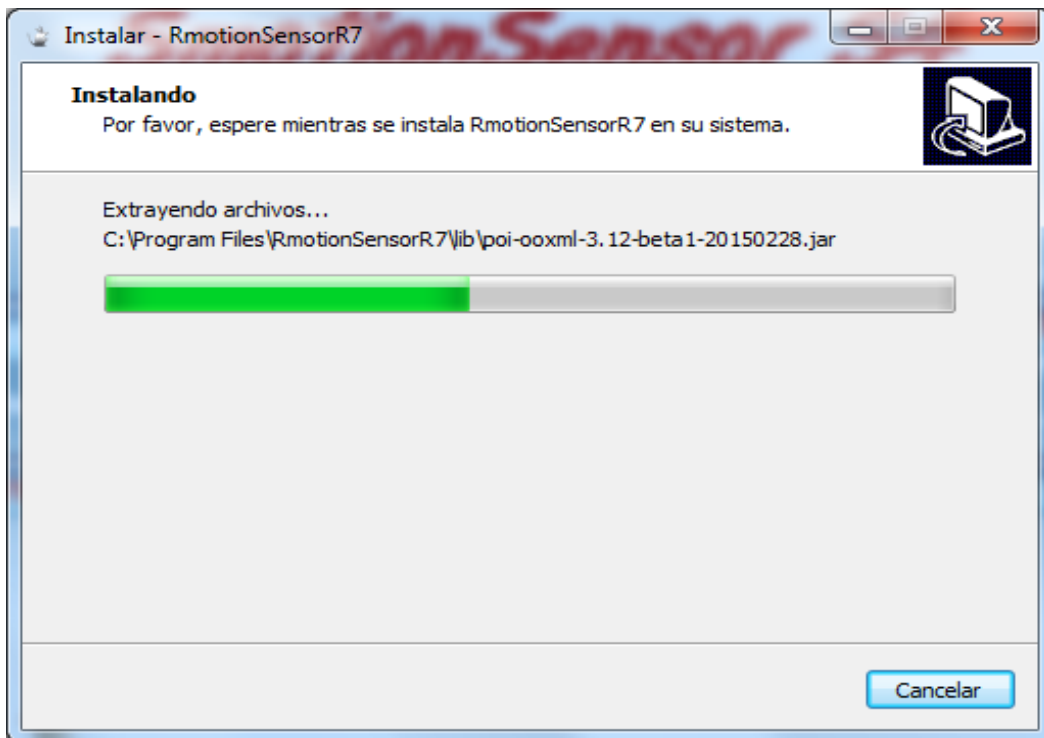


Fig.7

10.– Instalación completa oprimir finalizar. Fig.8

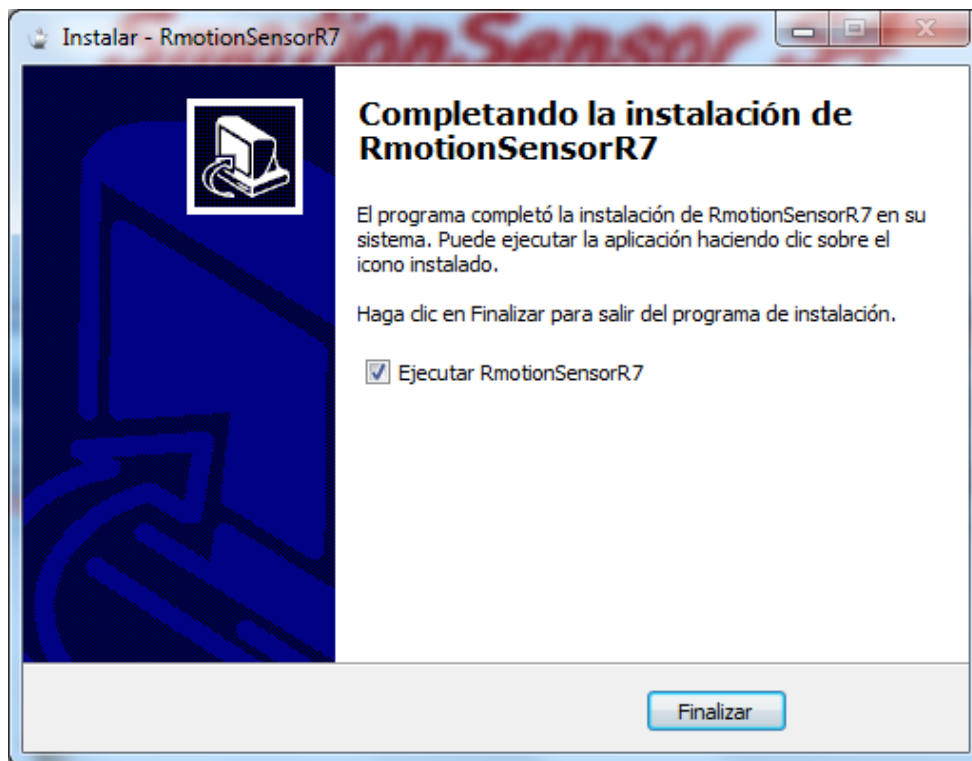


Fig.8

11.– Instalación completa Icono creado en escritorio y listo para ser ejecutado. Fig.9

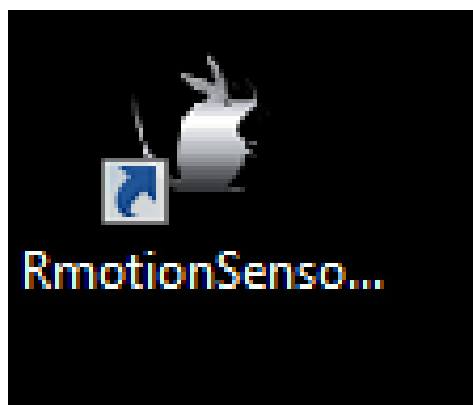


Fig.9

12.– Sobre el icono del programa, oprima botón derecho del mouse, parecerá una barra y seleccione propiedades. Fig.10

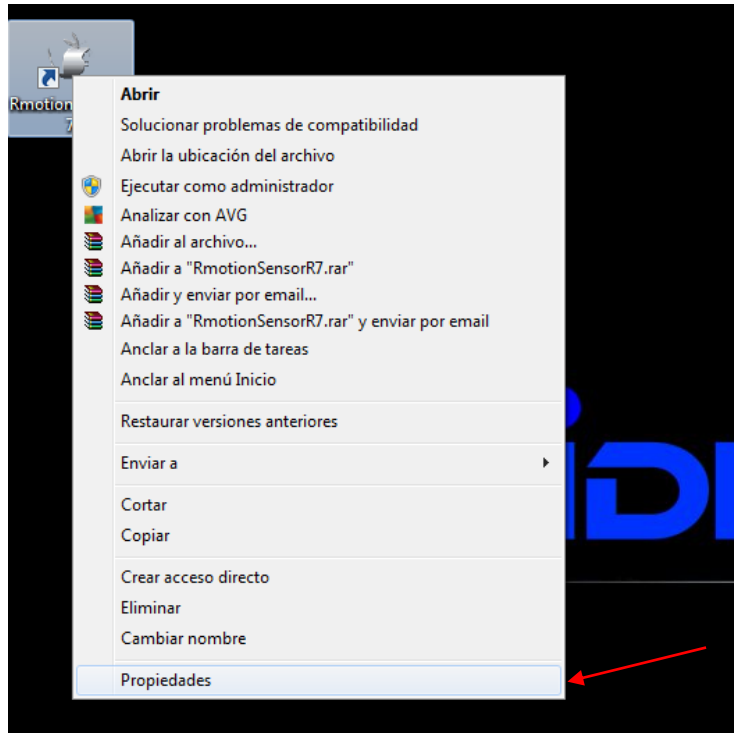


Fig.10

13.– Seleccionar ejecutar programa como administrador y aceptar, estarán listos para utilizar el programa Fig.11

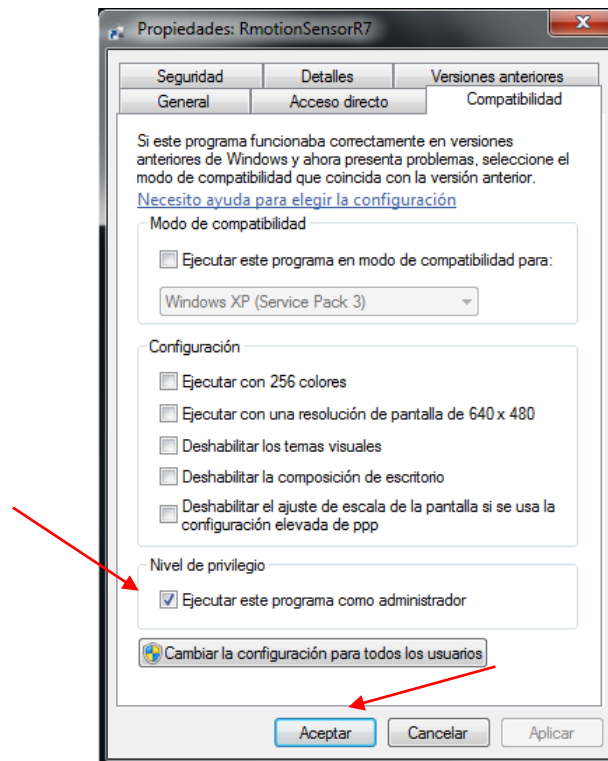
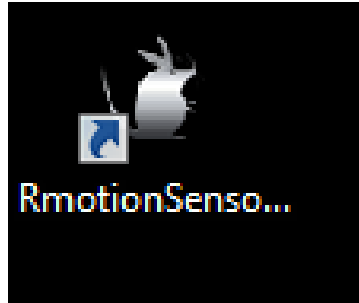


Fig.11

# USO DEL SOFTWARE

---

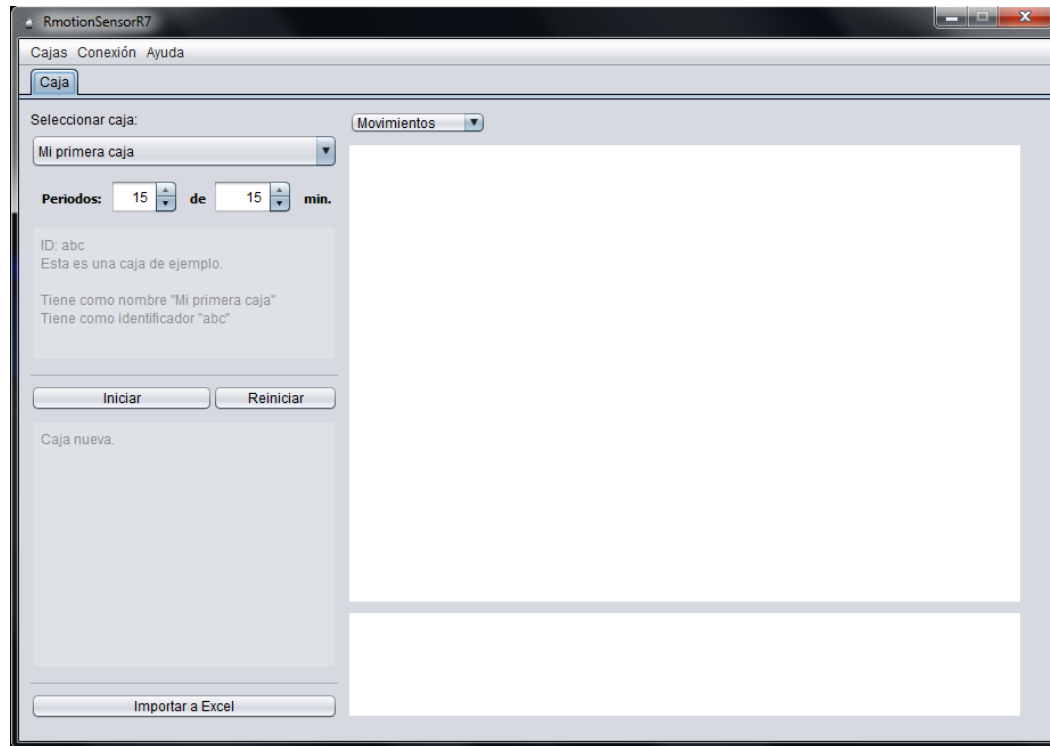
Ejecutar software. Fig.1



Cargando software.

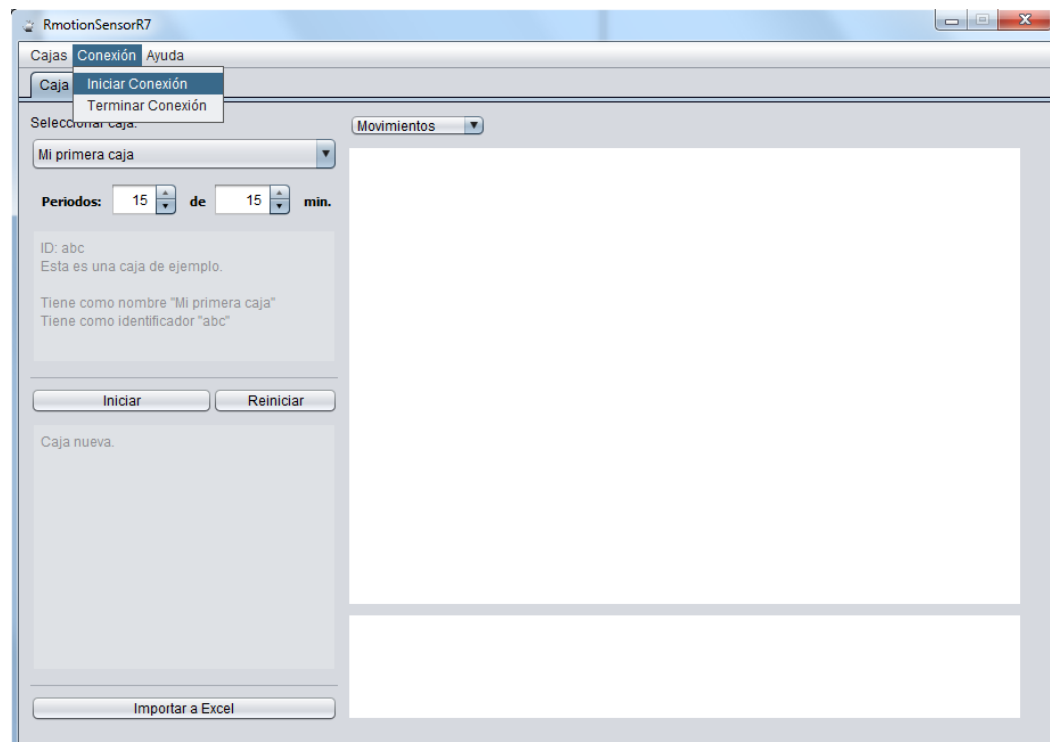


Pantalla de inicio, contiene configurada caja precargada como ejemplo. deberá ser borrada previamente para incluir la caja nueva a trabajar. Ver sección de Borrar caja existente.

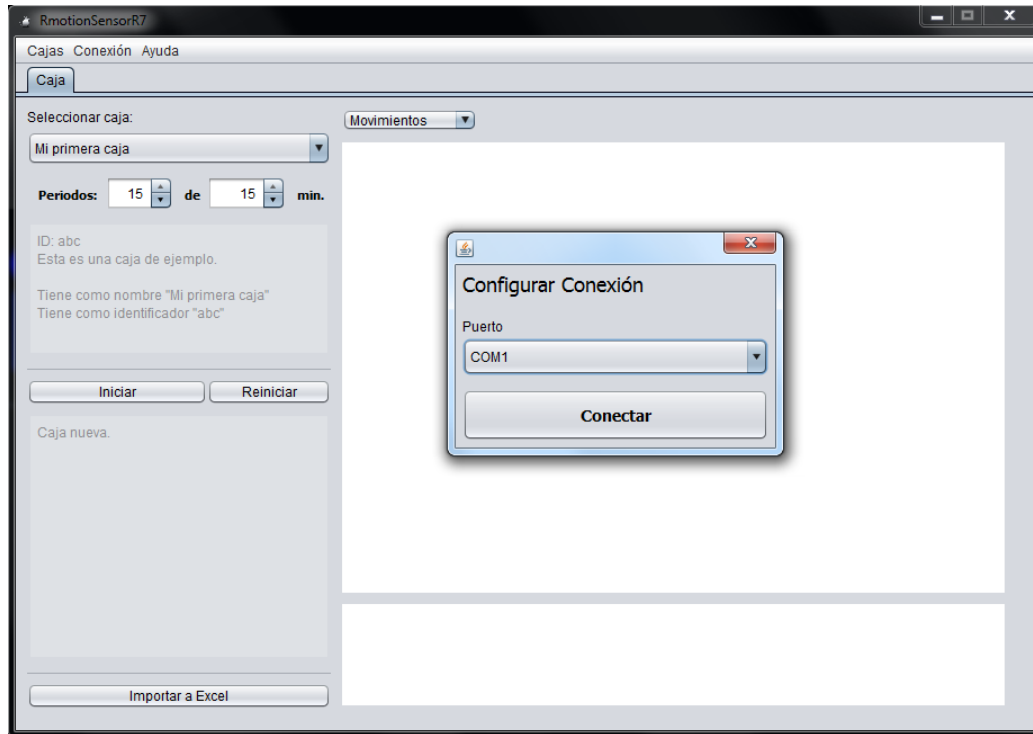


## ACTIVACIÓN DE CONEXIÓN. (PRIMER PASO)

Seleccionar pestaña de conexión—oprimir en iniciar conexión

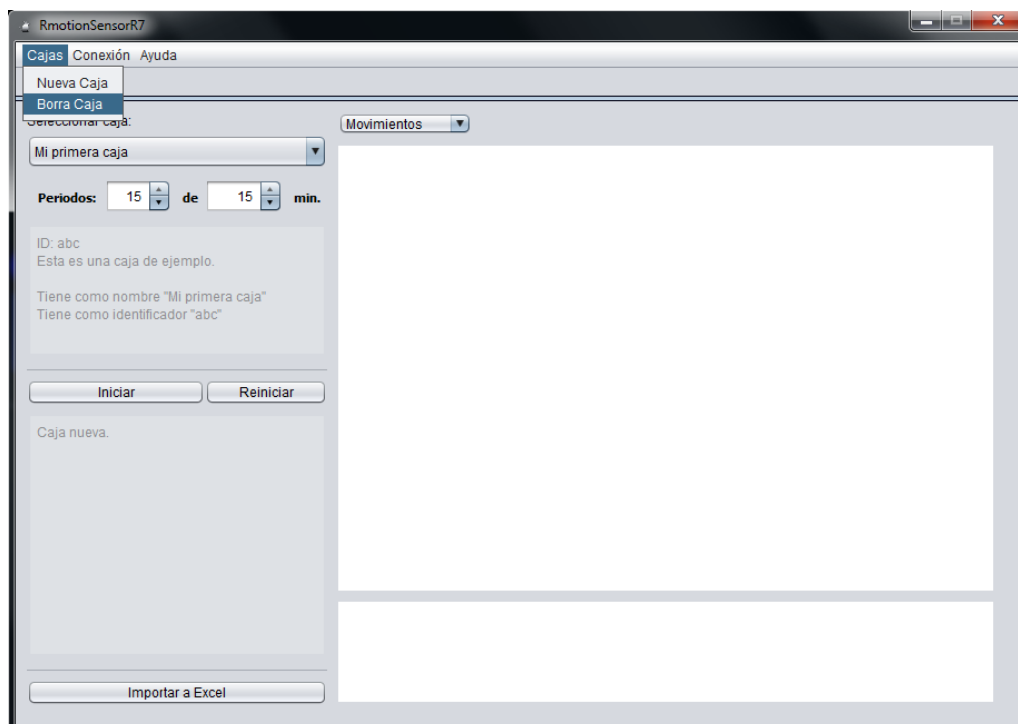


Aparecerá en pantalla una ventana donde se seleccionará el puerto COM a configurar. Este es en el que estará conectada a la caja. Para saber que puerto “COM” debe ir a sección (sec-1).

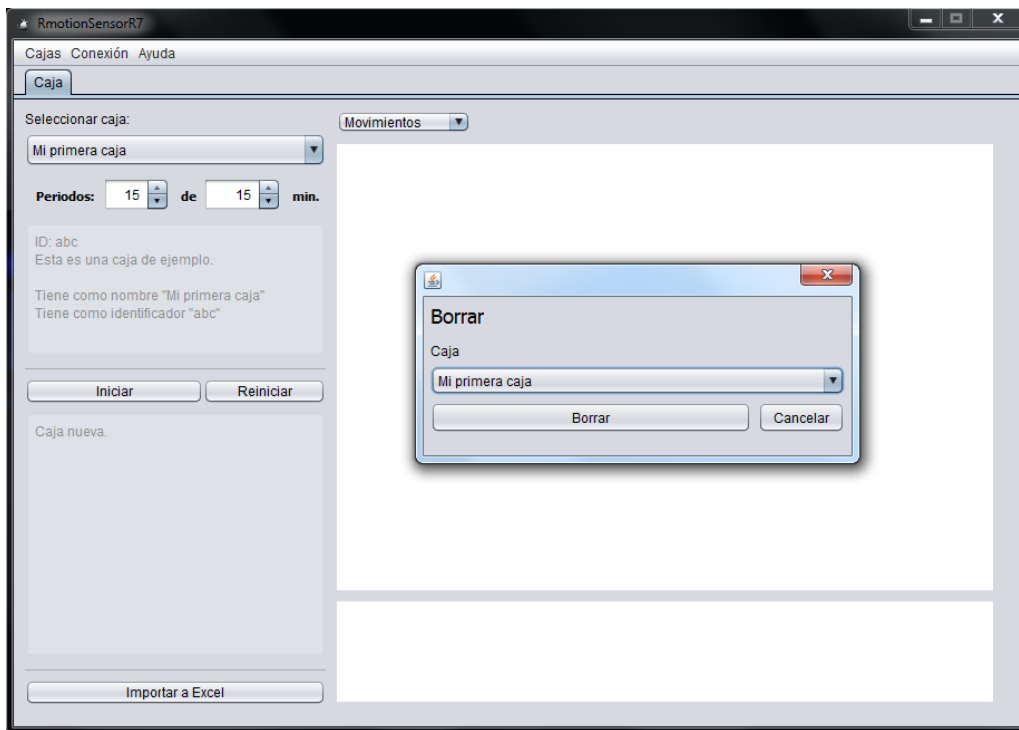


## **BORRAR CAJA EXISTENTE. (SEGUNDO PASO)**

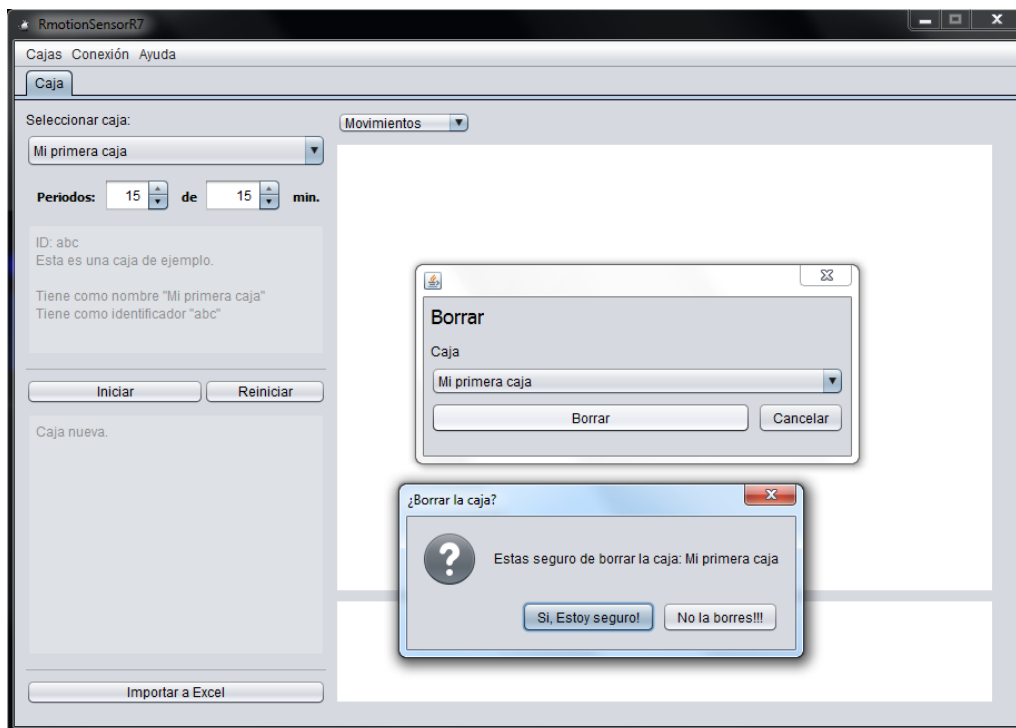
Seleccionar pestaña caja—oprimir en borrar caja.



Aparecerá una ventana de borrar caja la cual menciona en lista las cajas configuradas. Seleccionar caja a borrar y oprimir en borrar, mostrará una ventana la cual indica si está seguro de la acción a la cual se colocará **si estoy seguro**.

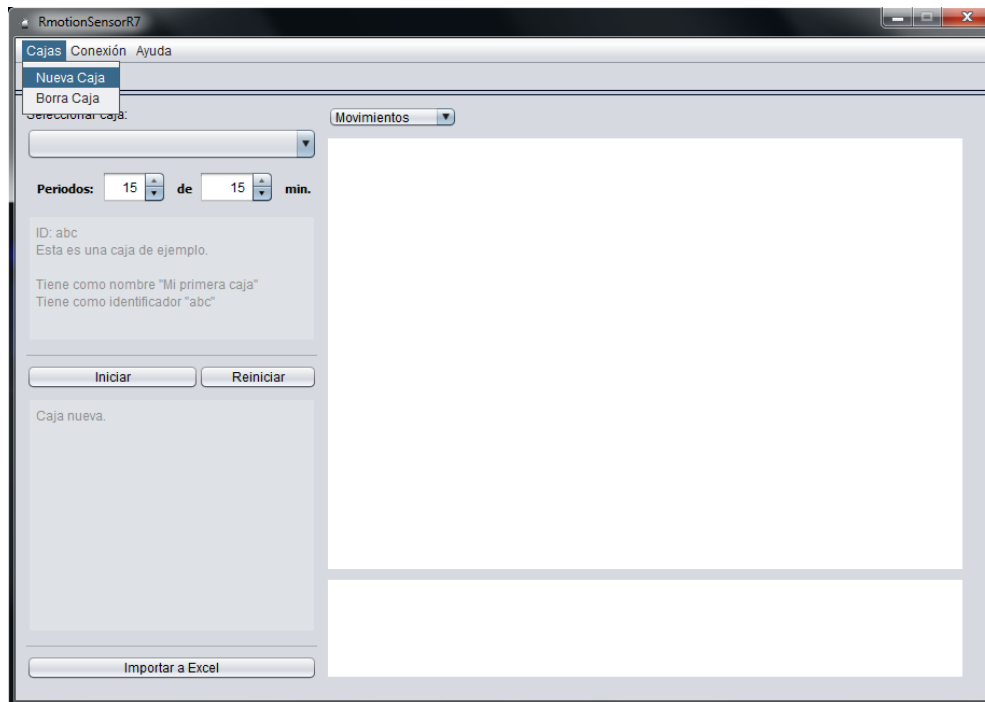


¿Está seguro?



# CONFIGURACION DE CAJA NUEVA. (TERCER PASO)

Seleccionar ventana: cajas—Nueva caja.

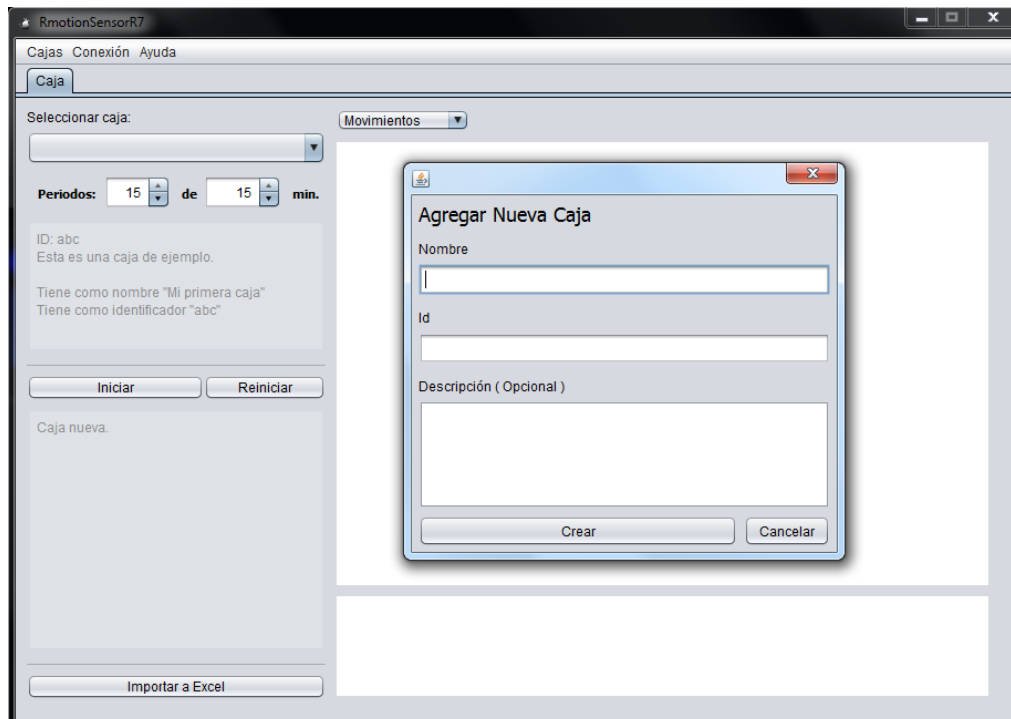


En la ventana que parece pide 3 datos a ingresar:

**Nombre:** Nombre que se le dar a la caja o fármaco a utilizar.

**Id:** identificador de caja única, este número se encuentra en la parte de atrás de la caja sirve para comunicarse únicamente con este, si se coloca un erróneo nunca abra conexión.

**Descripción:** Se podrán colocar comentarios sobre el estudio a realizar.



## CONFIGURACION DE PARÁMETROS DE CAJA: PERIODOS Y TIEMPO. (CUARTO PASO)

En la pantalla principal podrá observar los siguientes indicadores:

**Seleccionar caja:** Pestaña que selecciona y visualiza las cajas previamente configuradas a trabajar. Para iniciar el estudio se necesita estar en la caja que se quiere iniciar.

**Periodos:** Pestaña de configuración de periodos van de 0 a 99.

**Min:** minutos a configurar por periodo va de 0 a 120. El número de minutos configurados es para todos los periodos por igual.

**Iniciar:** Esta opción sirve para 2 pasos importantes.

1.- Inicia estudio de rata.

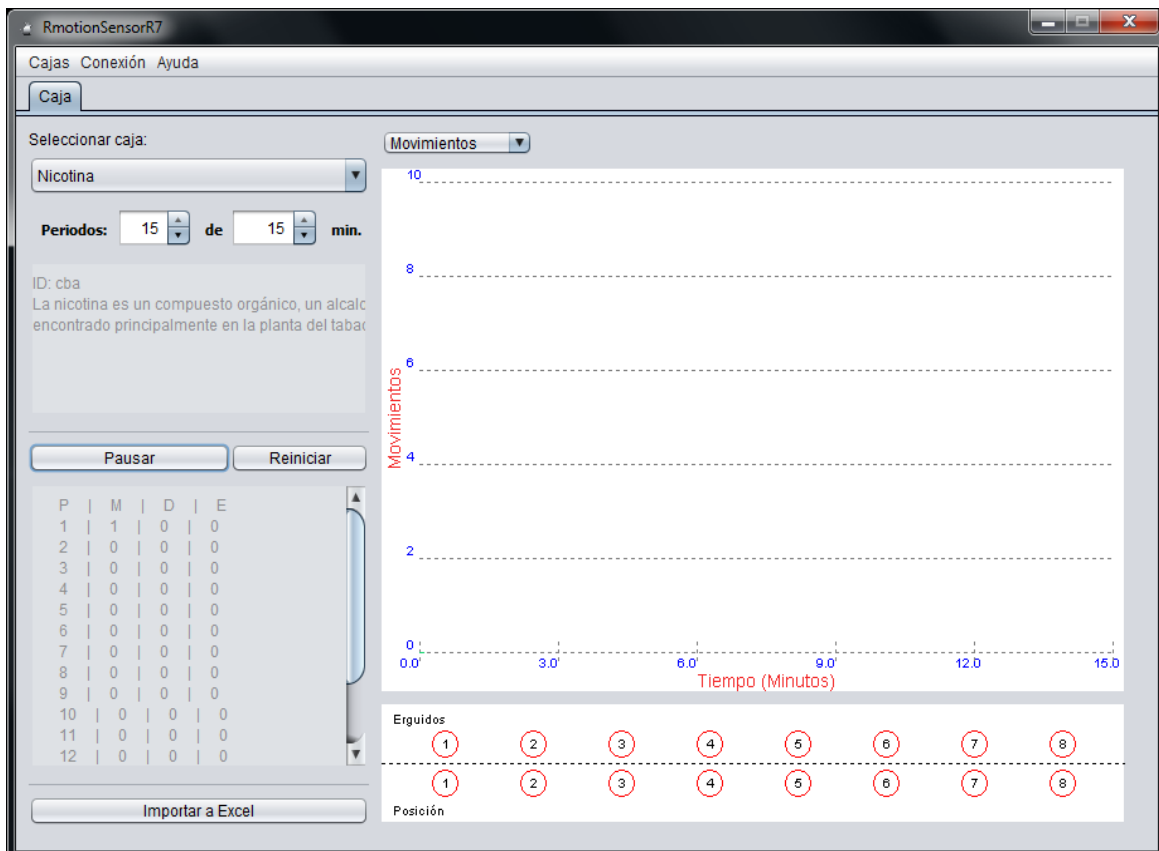
2.- Guarda los datos ya configurados,

**NOTA:** si no se oprimió el botón de iniciar, no se quedará almacenado ningún dato configurado y deberá nuevamente ingresar todos los parámetros al sistema.

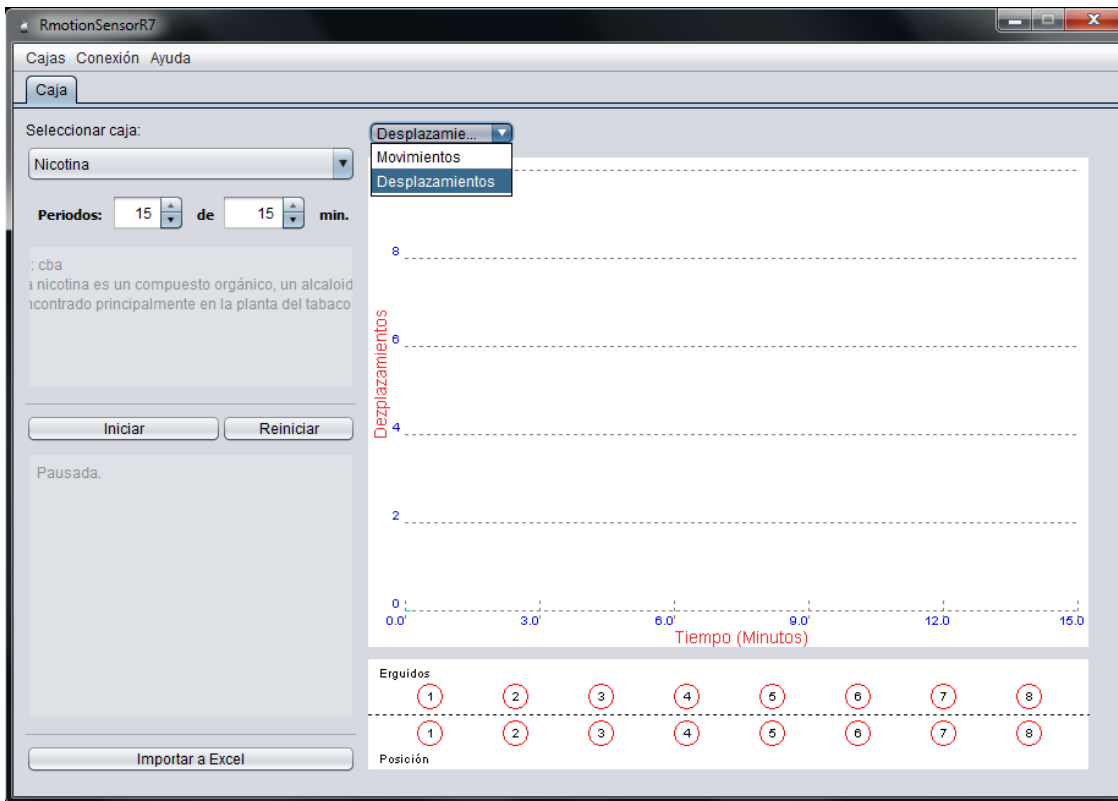
**Pausa:** Detiene el estudio hasta quitar la pausa.

**Reiniciar:** Reinicia los datos obtenidos en estudios ya realizados posteriormente, no reinicia datos generales de configuración.

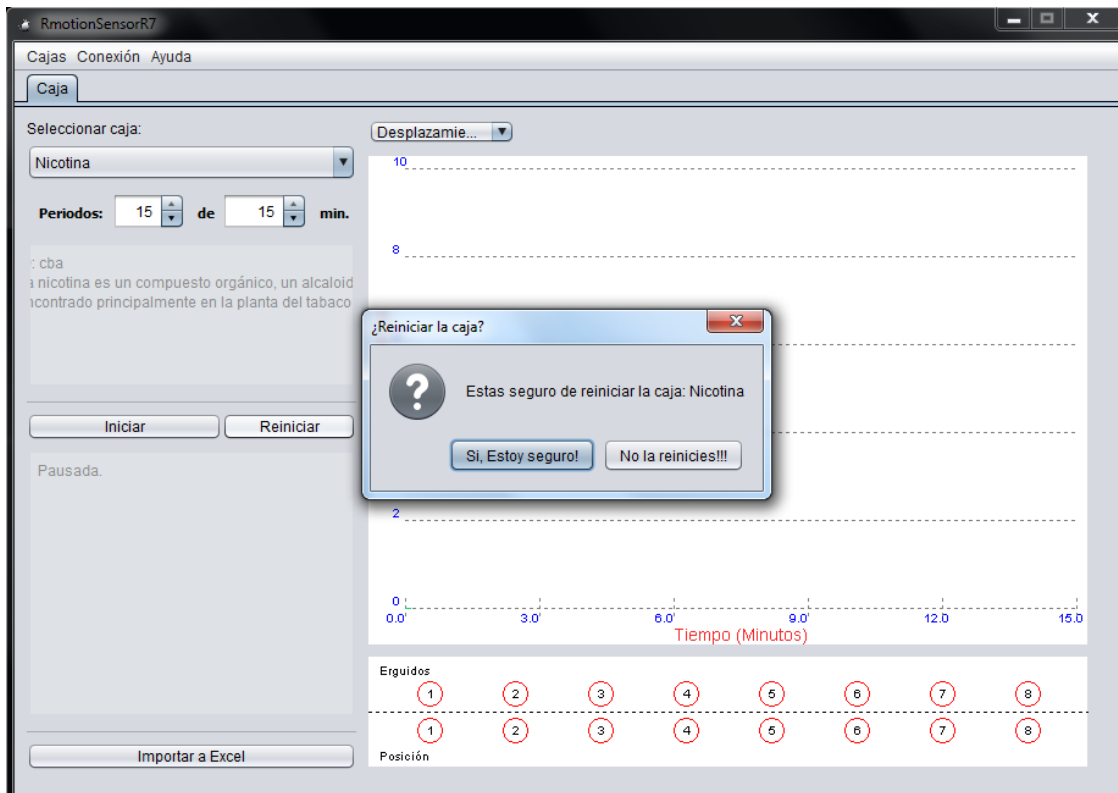
**Movimientos y desplazamientos:** pestaña para visualizar la gráfica real de movimientos y desplazamientos.



## Movimientos y Desplazamientos.

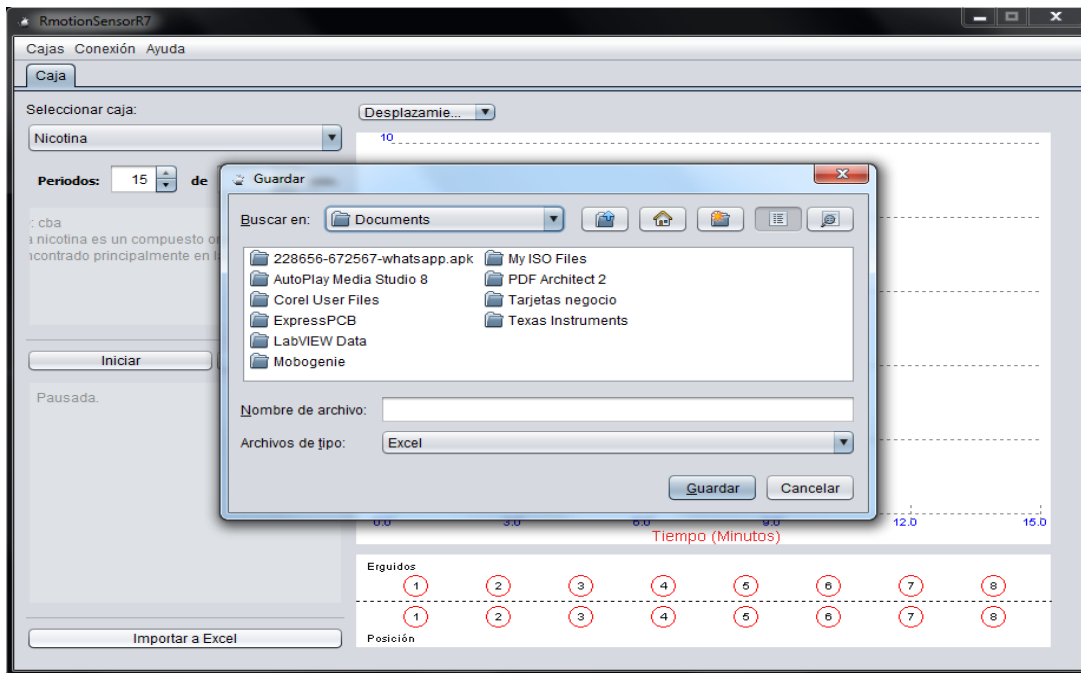


## Reinicio de datos.



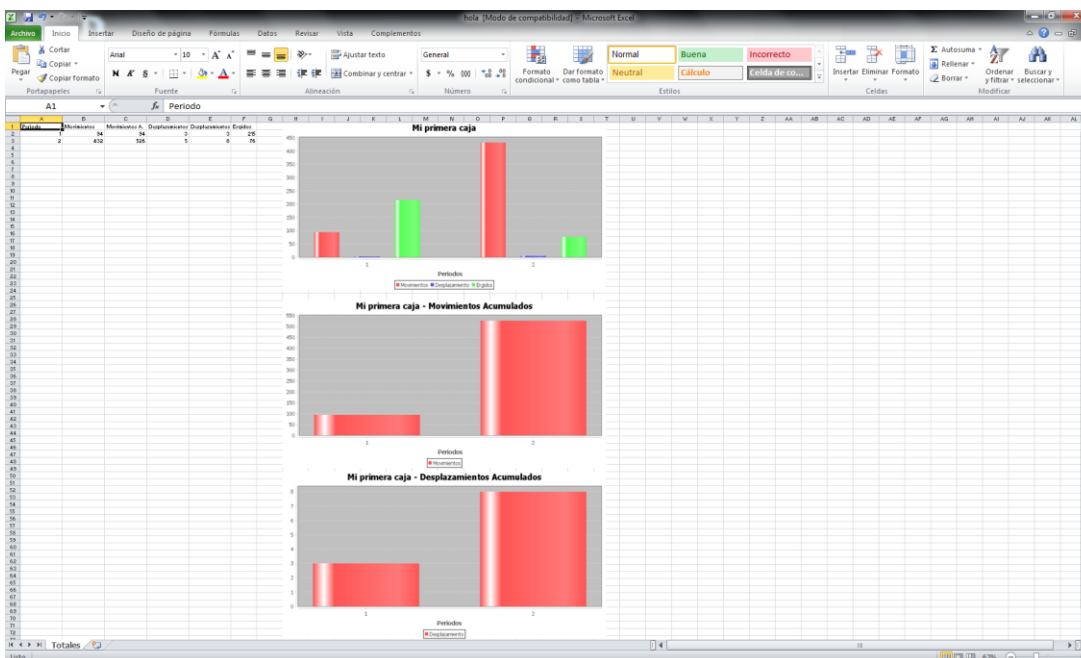
# IMPORTAR DATOS A EXCEL.

Seleccionar pestaña de importar a Excel. Aparecerá ventana indicando la carpeta destino del archivo y nombre del documento con el que se guardará y seleccionar pestaña “Guardar” para finalizar.



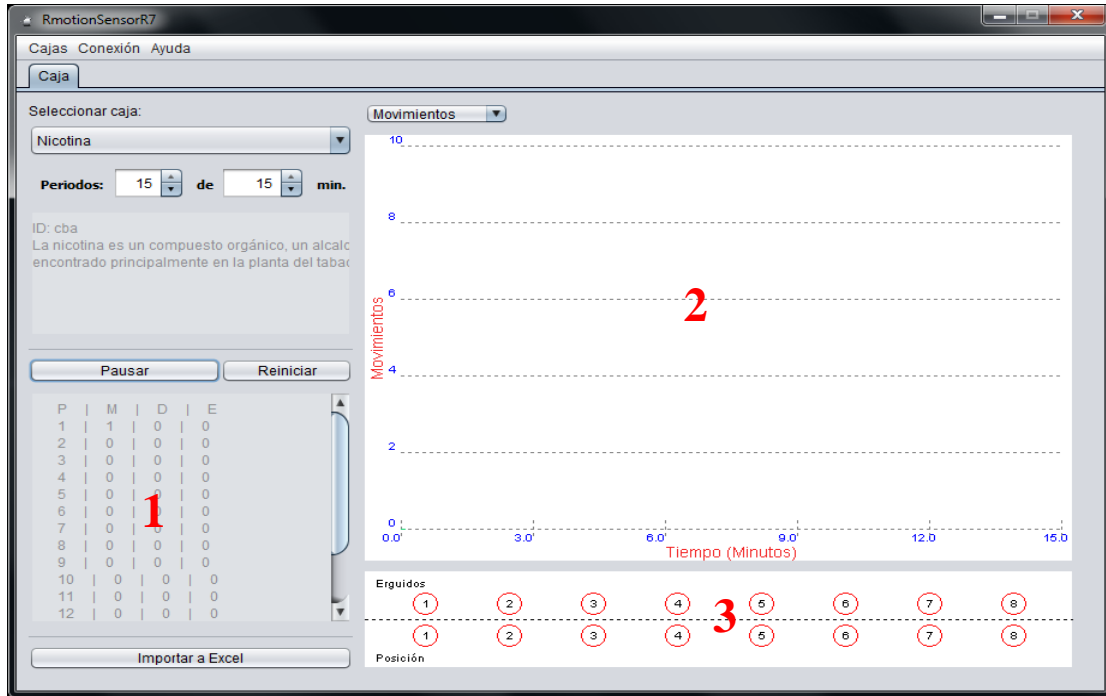
# VISTA DE ARCHIVO GUARDADO EN EXCEL.

Visualizará la tabla de datos guardados los cuales son: movimientos por periodo, desplazamientos por periodo, movimientos acumulados desplazamientos acumulados, erguidos totales y gráficas.



## GRAFICA Y LECTURA OBTENIDA.

- 1.- Visualización de datos capturados
- 2.- Pantalla graficadora de movimientos y desplazamientos, cada periodo estará identificado por un color diferente.
- 3.- Pantalla real de posición y erguidos del ratón.



## DESINSTALAR.

Inicio - Todos los programas - RmotionSensorR7 - Desinstalar RmotionSensorR7.



## VII Encuentro nacional de ciencias Luis Rivera Terrazas. 20-23 de septiembre 2016

**Implementación de un sistema de adquisición de actividad motora en campo cerrado para roedores de laboratorio**



Arturo Corona Quevedo<sup>a</sup>, María Aurora Dioxcora Vargas Treviño<sup>b</sup>, Daniel Limón perez de León<sup>b</sup>, Aleidy Patricia Martínez<sup>b</sup>, Grego Apostol del Rosa<sup>b</sup>.  
<sup>a</sup>Facultad de Ciencias de la Electrónica, Universidad Autónoma de Puebla. Apartado Postal 1350, Puebla, Pue., México.  
<sup>b</sup>Lab de Neurofarmacología-Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Puebla., Puebla, Pue., México.

### INTRODUCCIÓN

Las pruebas de comportamiento en la investigación de nuevos fármacos, se llevan a cabo en animales de experimentación. Un modelo frecuentemente utilizado en la investigación es la prueba de *campo abierto*, en dicho modelo diversos factores como la luminosidad presencia del experimentador [1], puede afectar los resultados. Por tal motivo se ha propuesto el uso del modelo de *campo cerrado*, a diferencia del campo abierto, el sistema carece de luminosidad en su totalidad. En la actualidad es importante el estudio de nuevos fármacos para problemas de salud como las enfermedades neurodegenerativas, por lo cual es de gran relevancia e importancia, el diseño de infraestructura de este tipo.

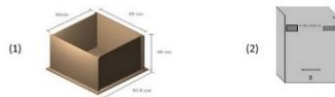


Figura 1. Cajas de actividad motora. (1) Caja de actividad motora en campo abierto, uso para las pruebas de la emotividad y la evolución de la actividad motora (San Diego Instruments (SDI)). (2) Caja de actividad motora en campo cerrado, ideal para pruebas de comportamiento en el estudio de fármacos para la evaluación de la actividad motora.

[1]. Rodgers RJ, Cao JJ, Dahi A and Holmes A. (1997). Animal models of anxiety: an ethological perspective. *Brain J Med Biol Res* 30: 289-304.

### OBJETIVO

Diseñar e implementar un sistema de adquisición denominado **caja de actividad motora en campo cerrado** para registrar la actividad motora en roedores con el uso de fármacos.

### DISEÑO Y METODOLOGÍA

La caja fue diseñada de acrílico (color negro) con medidas de 28 x 36 x 45cm, tiene una puerta por donde la rata ingresa. Sus paredes cuentan con 2 líneas de sensores infrarrojos con 8 fotodiodos (imagen 1). El sistema electrónico está fabricado con la tecnología de los microcontroladores PIC y el protocolo 485 (imagen 2) para su comunicación hacia la PC y otras cajas conectadas en paralelo (imagen 3). Todo esto controlado desde un software donde se realizan los experimentos (imagen 4).

Imagen 1. Modelo de caja propuesta, dimensiones y posición de sensores infrarrojos.

Imagen 2. Diagrama a bloques del circuito Electrónico.

Imagen 3. Conexión múltiple en red hacia una PC local.

Imagen 4. Software de monitoreo, registra y visualiza los movimientos realizados de un estudio.

**Características:**

- Bajo costo de fabricación.
- Selector de modo de operación.
- Conexión en Red, lo que permite conectar mas de un caja al PC.
- Conexión de PC en forma local y remota .
- Respaldo de datos en Excel.
- Gráfica de datos.
- Conteo de Movimientos.
- Conteo de Desplazamientos.
- Conteo de erguidos.
- Alta sensibilidad en sensores.
- Comunicación RS-485.
- Fabricada en acrílico negro.

### Modelo de evaluación de actividad motora en ratas macho Wistar

Una vez realizadas las cajas de actividad motora se realizó la administración de anfetamina (fármaco estimulante del sistema nervioso central) en ratas para verificar el funcionamiento correcto del sistema en dosis de acuerdo ala imagen 5 .



Imagen 5. Evaluación de la actividad motora en campo cerrado. Se muestra el cronograma de actividad motora días a evaluar, Fármaco utilizado, cantidad administrada y raza de rata evaluada

### RESULTADOS

Los resultados muestran que al evaluar tanto los movimientos como los desplazamientos en las cajas, los animales muestran un incremento en su actividad motora comparado con el grupo control al cual no se le administro ningún fármaco. En la imágenes 6,7,8, Se muestra las graficas de los datos obtenidos en las cuales se observa el incremento de la actividad color rojo.

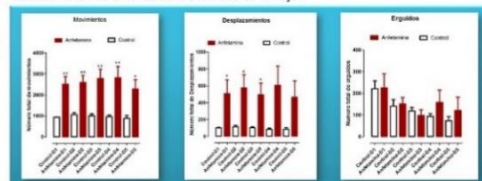


Imagen 6,7,8. Gráfica de resultados en los cuales se observa el incremento en la actividad motora con respecto a un control de los parámetros Movimientos, Desplazamientos y erguidos.

### CONCLUSIÓN

Los resultados demuestran que las cajas de actividad motora realizadas son una herramienta útil en el campo de la investigación farmacológica y en base a los estudios realizados, podemos concluir su funcionamiento. En las imágenes 9, 10 muestra la caja con una rata real.

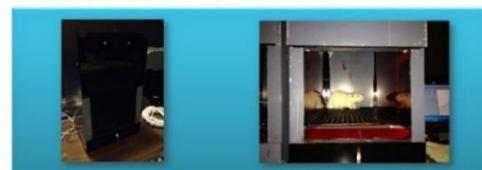


Imagen 9, 10. Imágenes de la caja finalizada, en una de ellas se muestra una rata antes de ser examinada.

## Semana Internacional del Cerebro 2016.

**Lugar:** Facultad de Ciencias Químicas.



# BUAP

La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Facultad de Ciencias Químicas  
Organizan el presente

## Reconocimiento

a: **Arturo Corona Quevedo y Aleidy Patricia  
Martínez**

Por su participación como COORDINADORES DEL TALLER:

“Como se mide la actividad motora”

Durante las Actividades de la Semana Internacional del Cerebro 2016

Valor curricular de 3 horas

Pensar bien, para vivir mejor.  
H. Puebla de Zaragoza,  
a 16 de Marzo de 2016

  
M.C. **José de Ope Quiroz Quiroz**  
Director de la Facultad

