

Sistema de Control Eléctrico para Máquina de Ensayo de Corte Directo, aplicado al estudio de suelo

Mecánica de suelos

Diseño del proyecto

Análisis económico

Objetivos del proyecto

Experimentos y resultados

Conclusión



Universidad
Nacional de
San Luis

Azcurrea Jesús Emmanuel
Proyecto final de carrera
Dir. Alejandro Silnik

¿Qué es la mecánica de suelos?

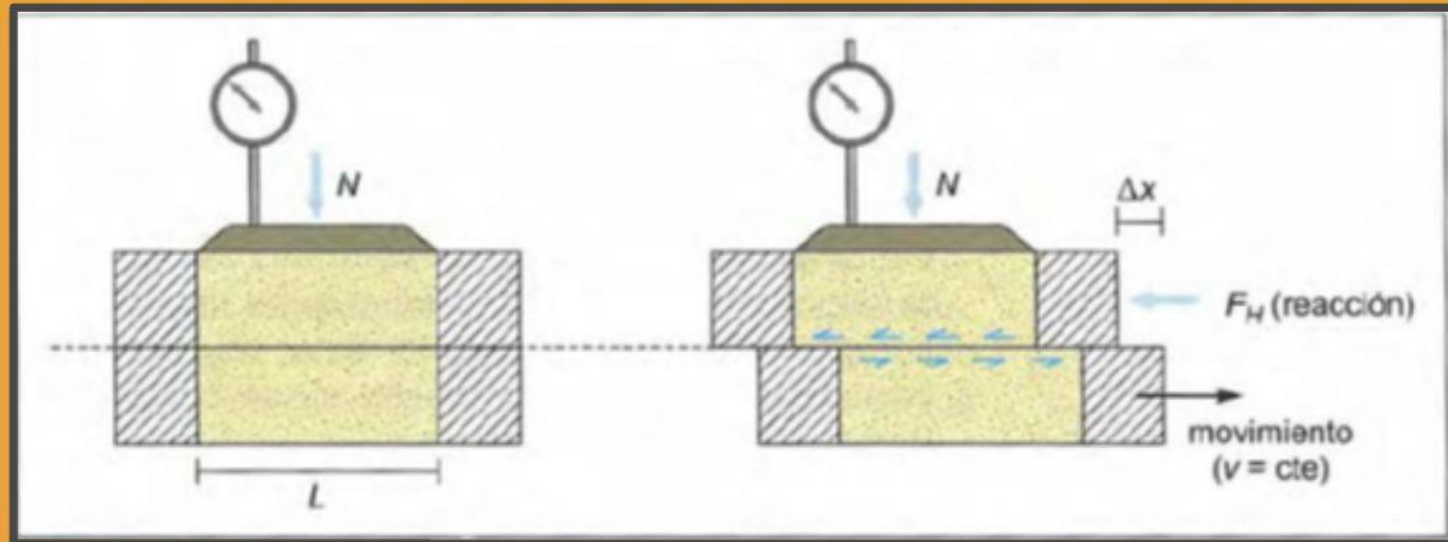
Es la aplicación de las leyes de la mecánica y de la hidráulica a los problemas de la ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por desintegración mecánica o descomposición química de las rocas independientemente de si poseen material orgánico.

¿Qué es el ensayo de corte directo?

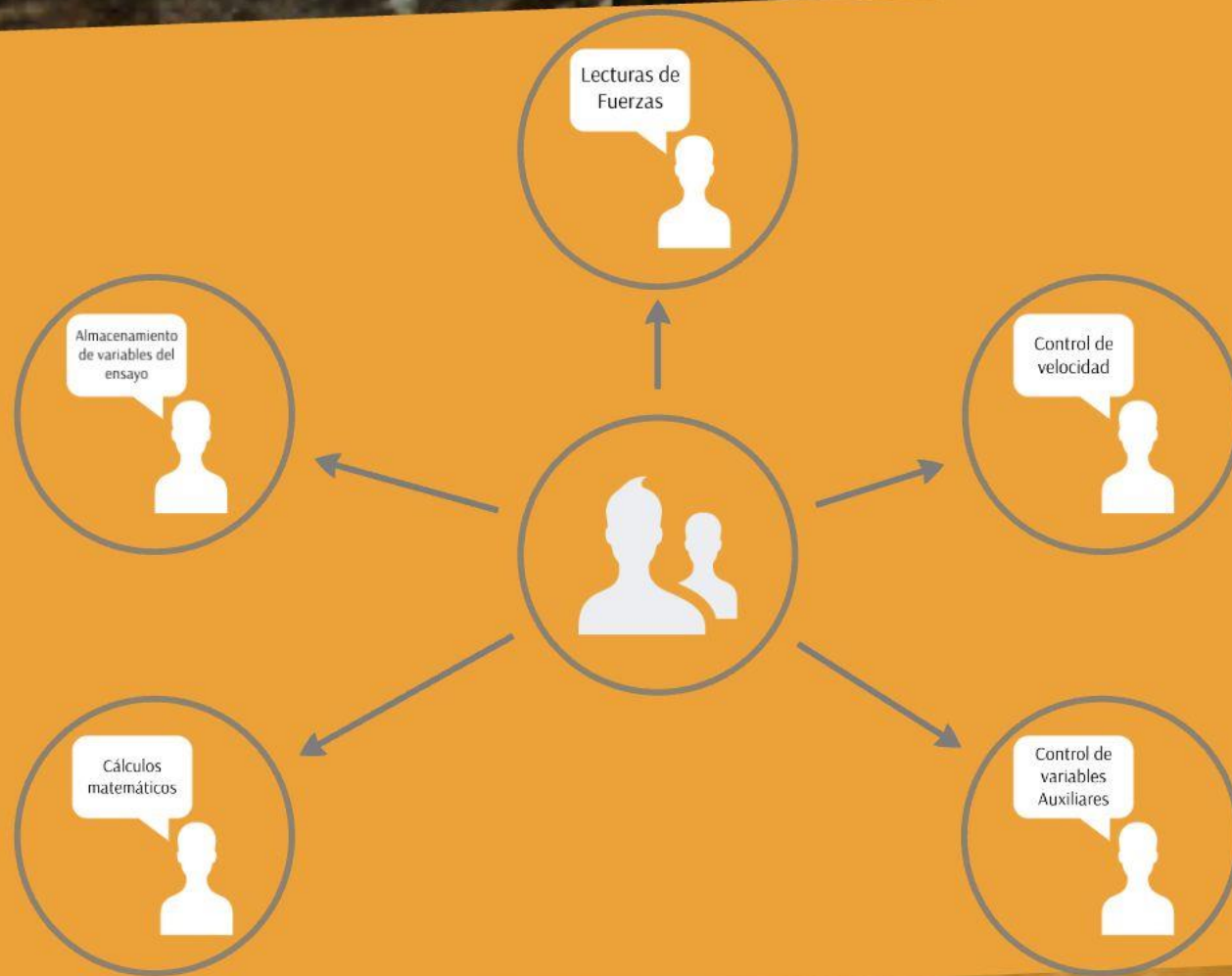
Variables a controlar

¿Qué es el ensayo de corte directo?

En el ensayo de corte directo se realiza una rotura de una muestra, a la que se le somete una tensión normal. Luego, se le aplica un esfuerzo transversal, con el fin de conocer, de forma experimental, los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna



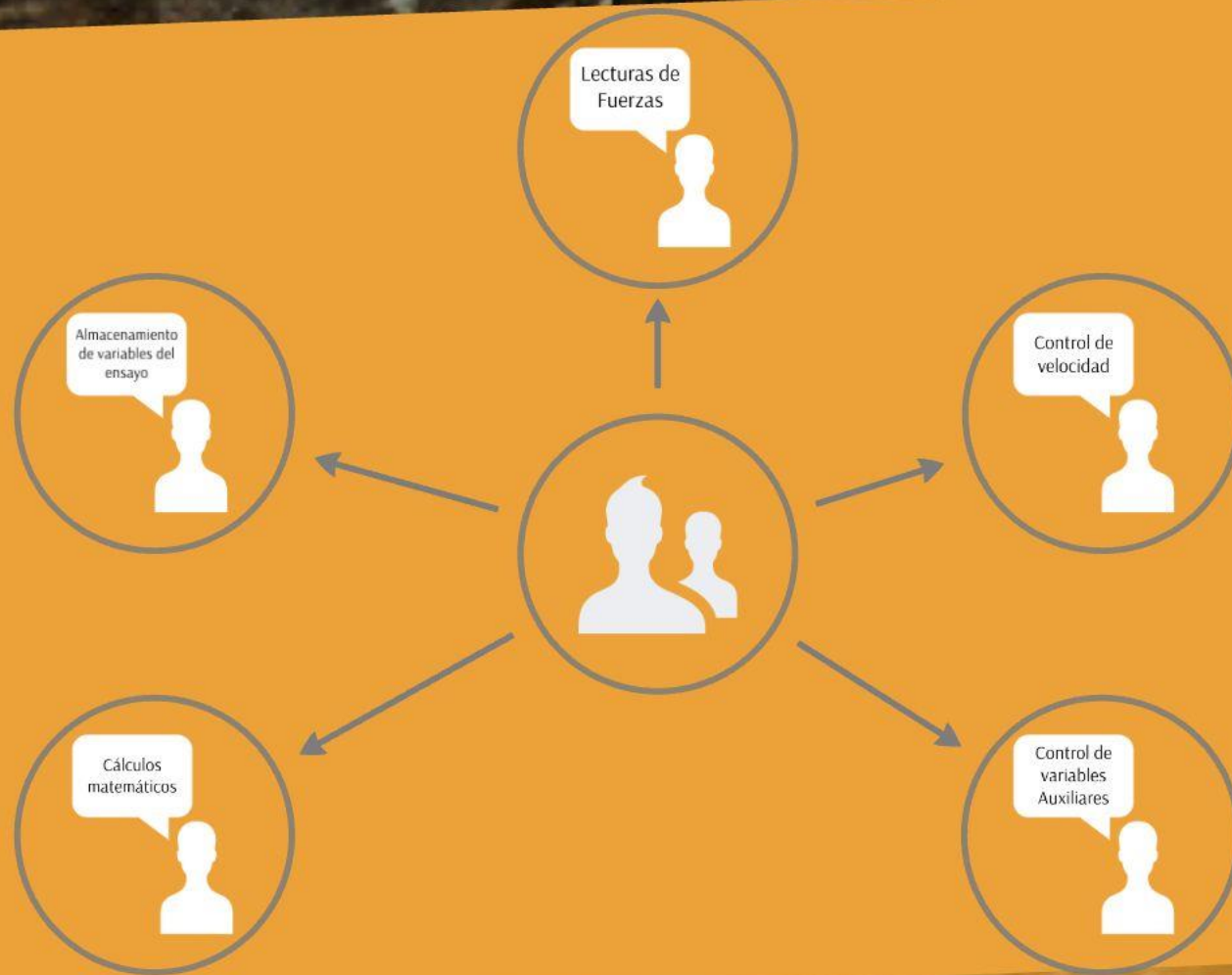
Variables a controlar



Lecturas de
Fuerzas



Variables a controlar

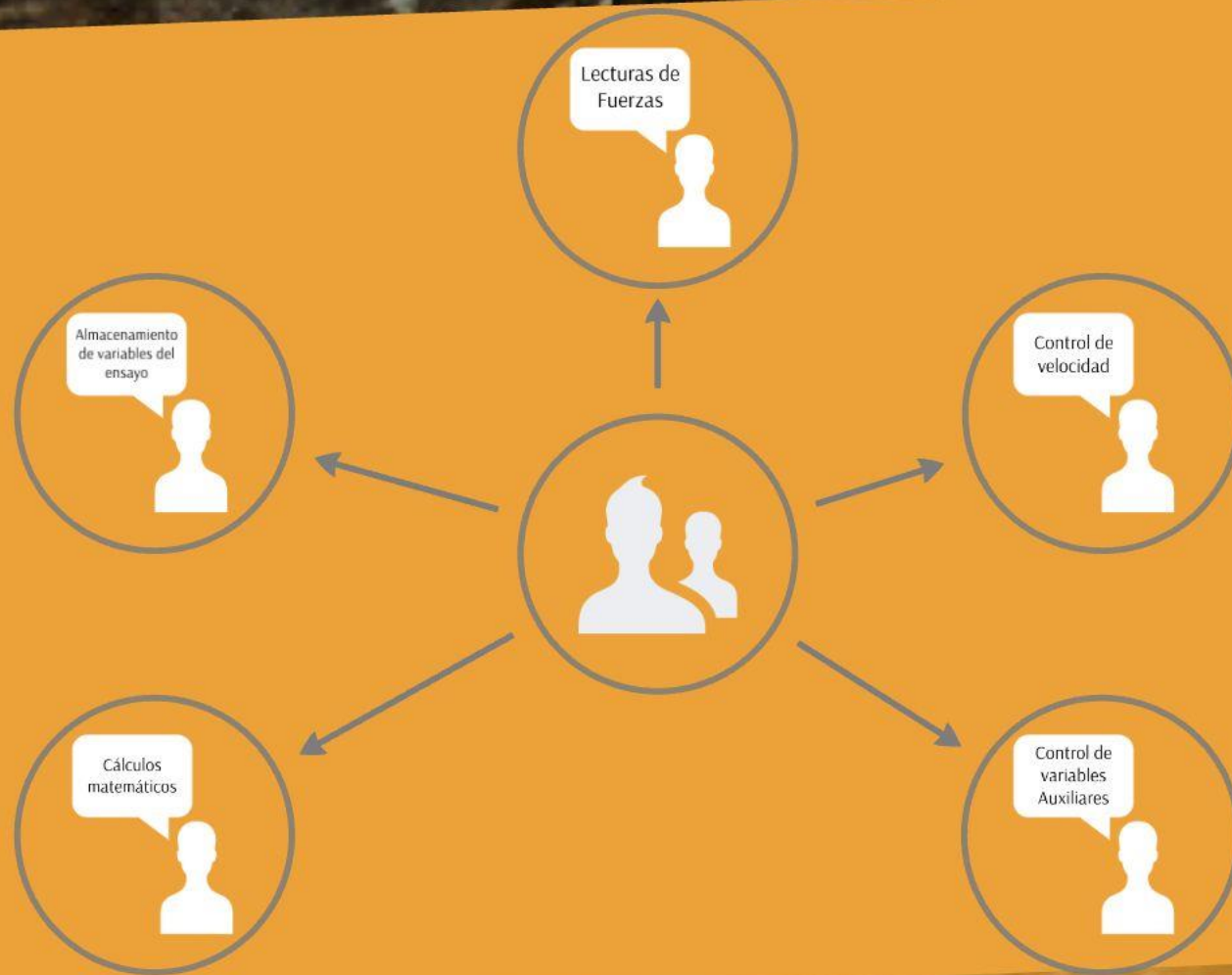




Control de
velocidad



Variables a controlar

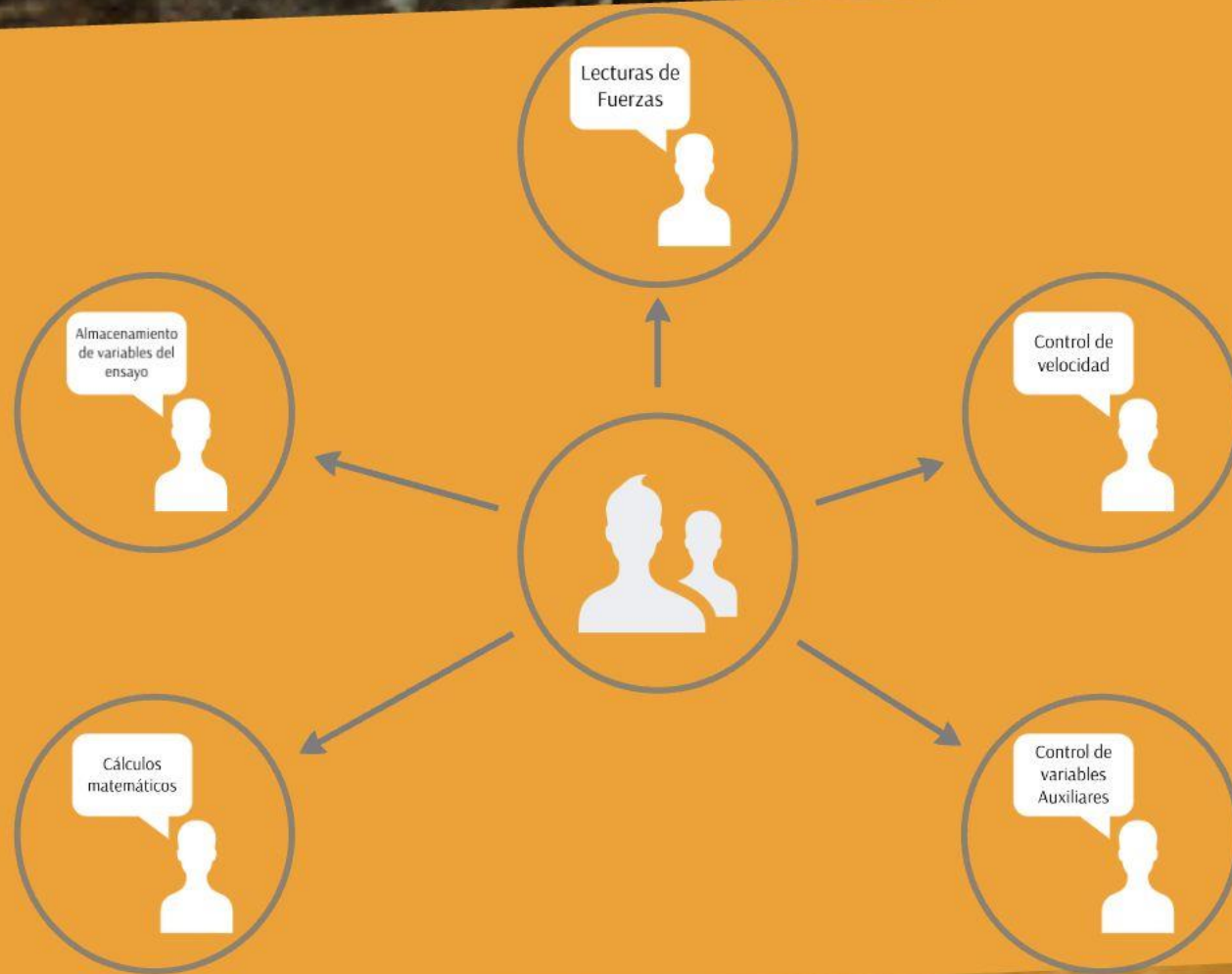


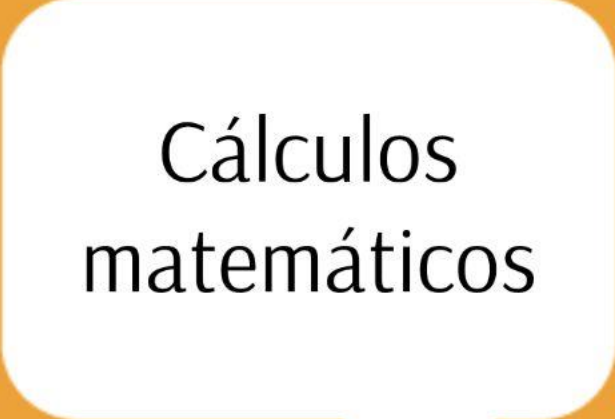


Control de
variables
Auxiliares

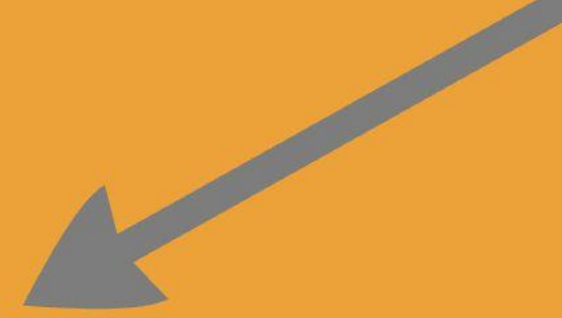


Variables a controlar

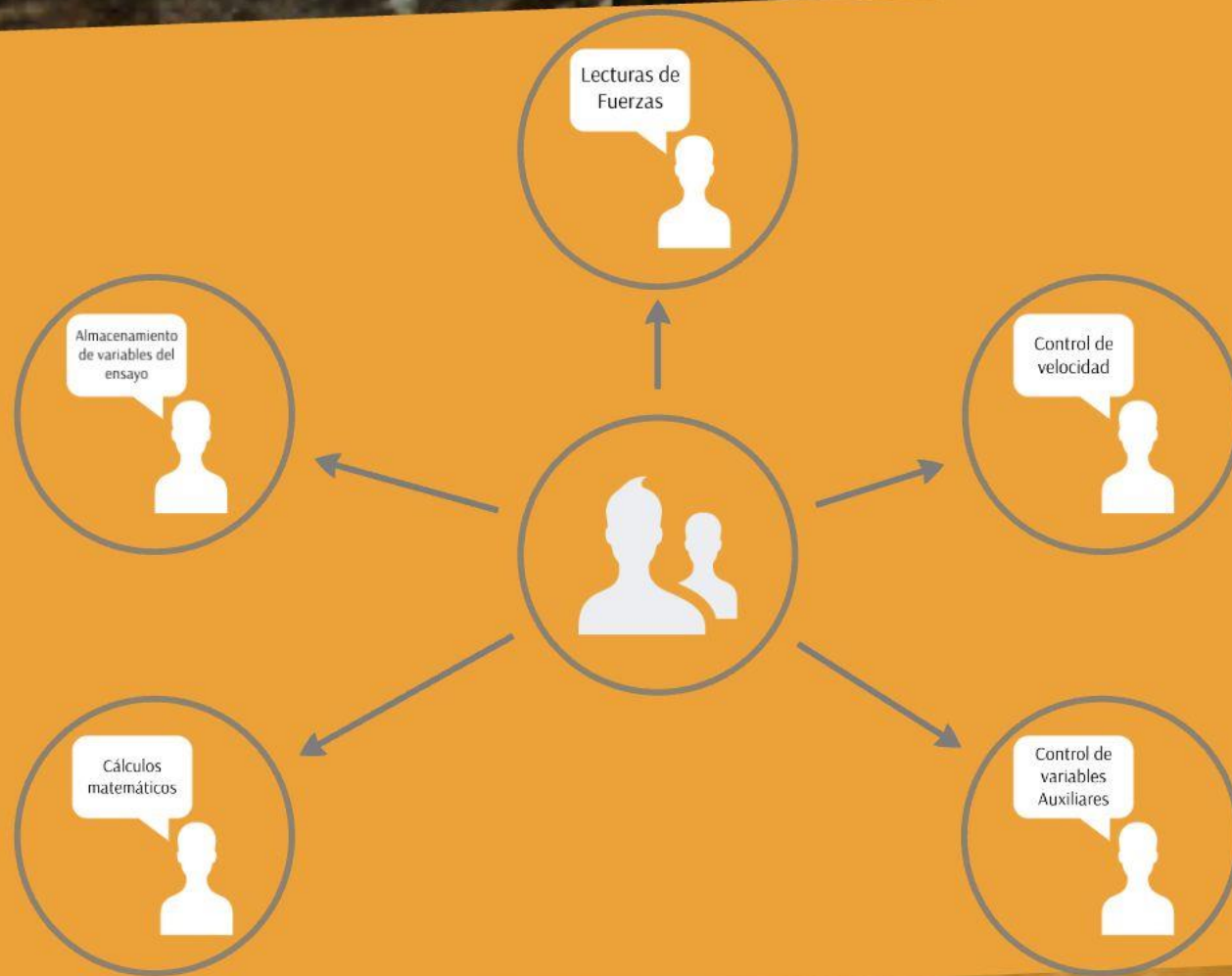




Cálculos
matemáticos



Variables a controlar



Almacenamiento
de variables del
ensayo



Sistema de Control Eléctrico para Máquina de Ensayo de Corte Directo, aplicado al estudio de suelo

Mecánica de suelos

Diseño del proyecto

Análisis económico

Objetivos del proyecto

Experimentos y resultados

Conclusión



Universidad
Nacional de
San Luis

Azurra Jesús Emmanuel
Proyecto final de carrera
Dir. Alejandro Silnik

Objetivo General

El objetivo principal del proyecto es realizar el control electrónico del instrumento mecánico (máquina) con el que se realiza el ensayo de corte directo en suelos.

Estrategia

Objetivos Específicos

Estrategia



Objetivos específicos






Recabar documentación específica que describa la importancia que poseen los parámetros de corte en el análisis de las propiedades geomecánicas de los suelos.





Interpretar la información de los tipos de ensayos que se realizan en la máquina de corte directo, para modelizar las condiciones bajo las cuales se aplica el mismo, a la muestra de suelo.

Objetivos específicos

-  Diseñar un prototipo de la máquina de corte directo de acuerdo a los requerimientos del ítem anterior, respetando las normas vigentes y eligiendo una metodología eficiente de construcción del equipo.
-  Realizar la programación de los módulos involucrados en el diseño.
-  Construir el equipo de control de la máquina de corte directo en relación a la última versión del diseño.

Objetivos específicos

-  Calibrar el equipo logrado mediante la iteración de ensayos efectuados a distintos tipos de suelos, de manera tal de poder estudiar el comportamiento del equipo bajo distintas circunstancias y poder garantizar su correcto funcionamiento.
-  Presentar las recomendaciones de uso (manual de usuario) y analizar las propuestas de mejora a futuro.

Sistema de Control Eléctrico para Máquina de Ensayo de Corte Directo, aplicado al estudio de suelo

Mecánica de suelos

Diseño del proyecto

Análisis económico

Objetivos del proyecto

Experimentos y resultados

Conclusión



Universidad
Nacional de
San Luis

Azcurra Jesús Emmanuel
Proyecto final de carrera
Dir. Alejandro Silnik

Diseño del proyecto

Estado del arte

Diseño

Ensamble

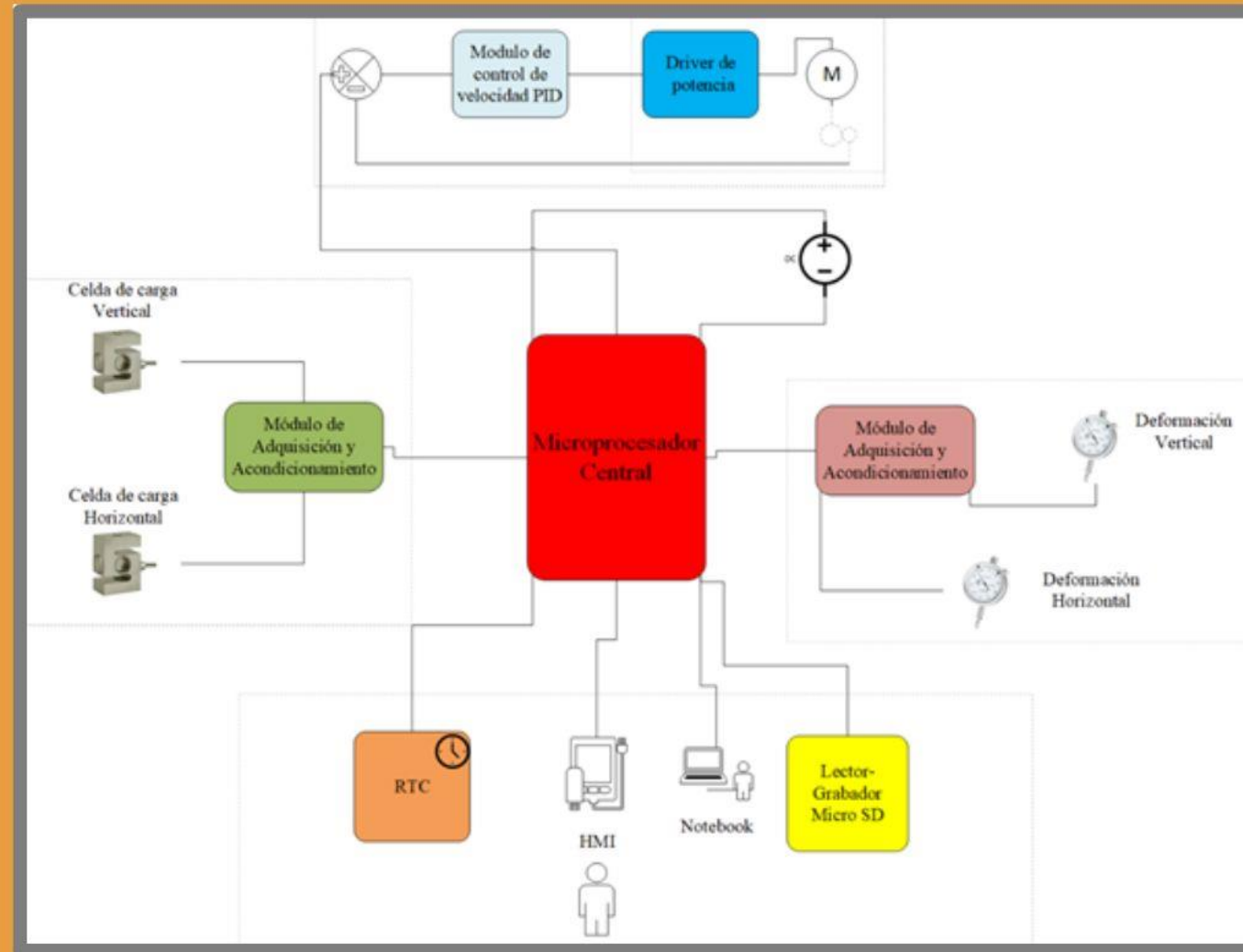
Diseño preliminar

Materiales

Diseño final

Máquina ensamblada

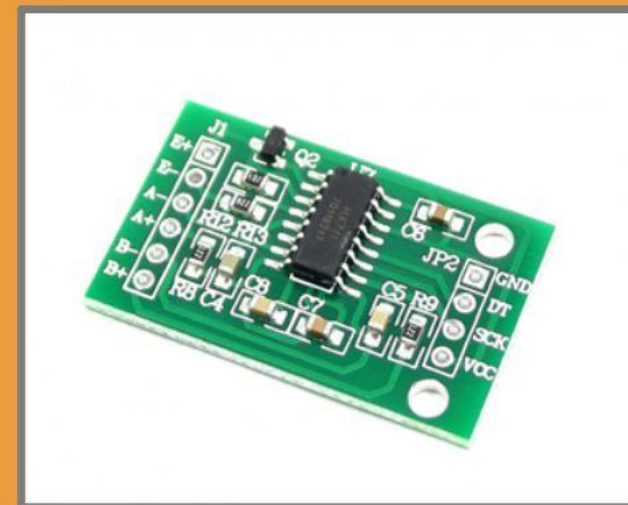
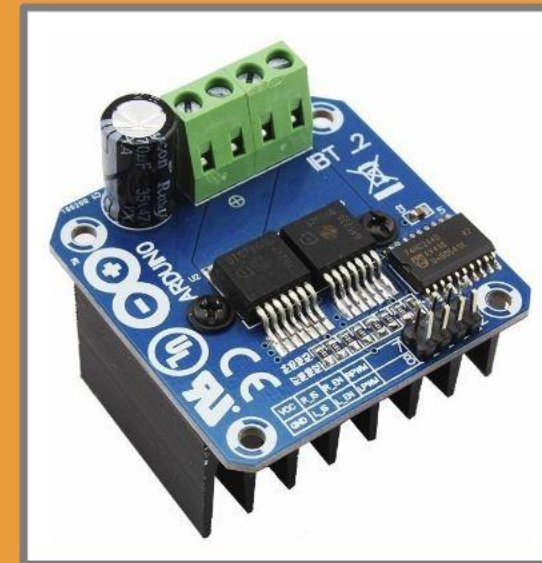
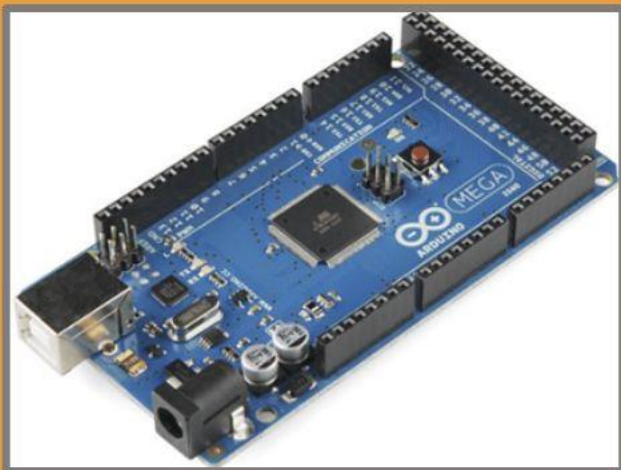
Diseño Preliminar



Lista de materiales

Equipamiento
Principal

Sensores



Lista de materiales



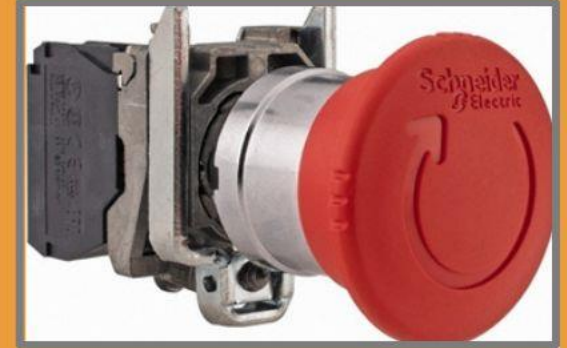
Sensores



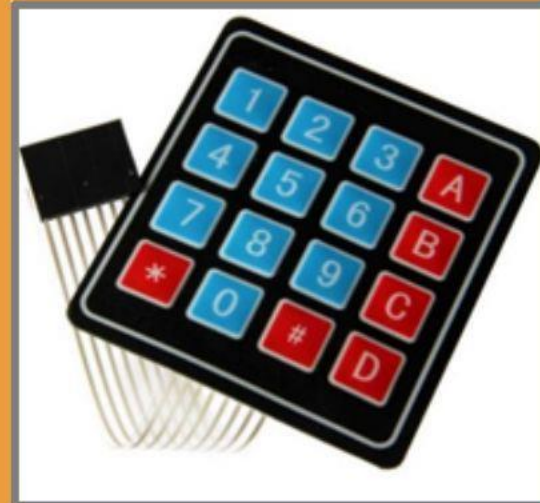
Equipamiento
Auxiliar

Equipamiento Auxiliar

Lista de materiales



Equipamiento Auxiliar



Etapas de diseño

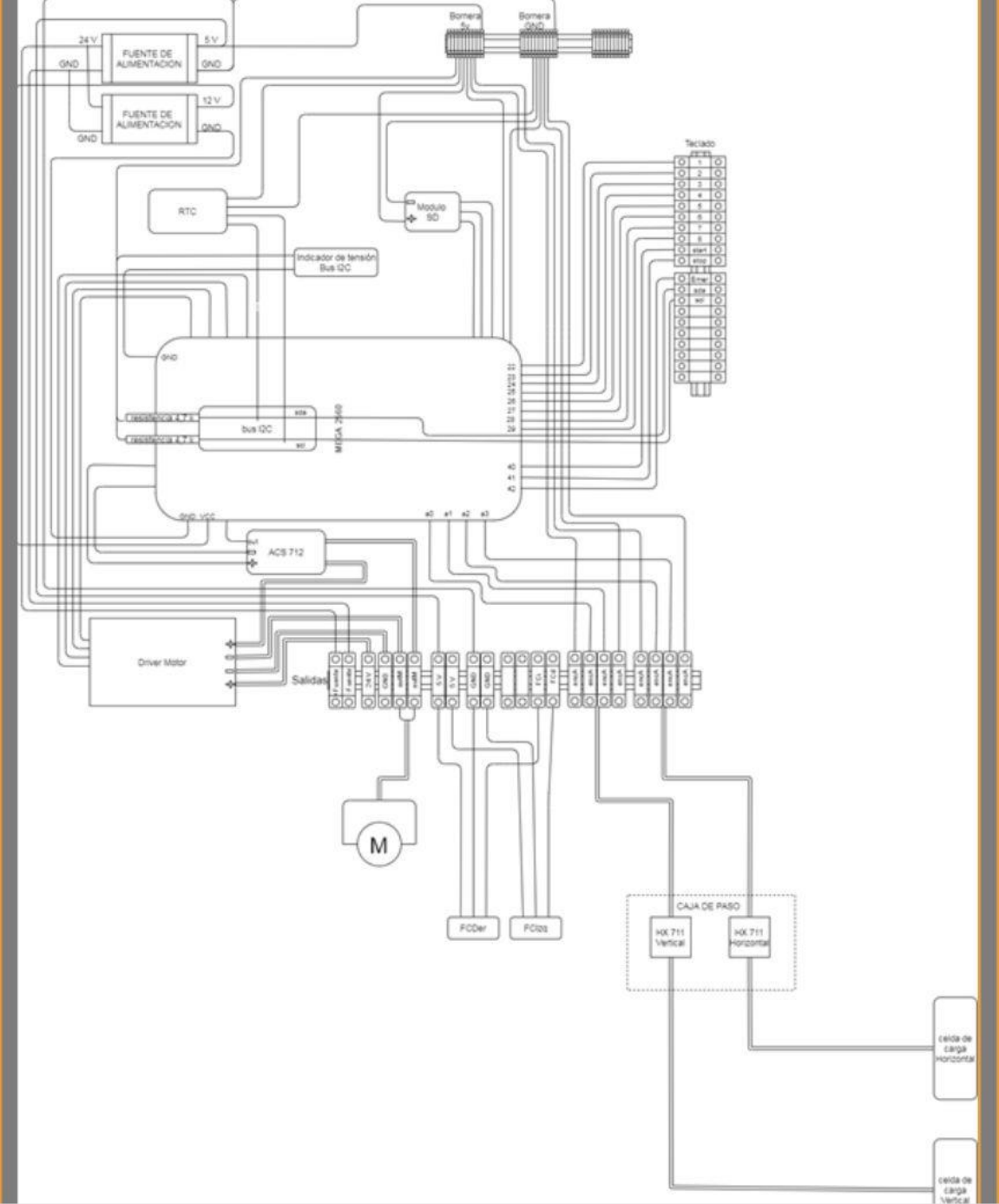
Programación

```
graph TD; A[Etapas de diseño] --> B((Programación)); A --> C((Alimentación de equipos)); A --> D((Interconexión de equipos));
```

Alimentación de equipos

Interconexión de equipos

Multifilar de interconexión de equipos





FSM (MAQUINA DE ESTADOS FINITA)

La máquina de estados finita se define a un modelo de comportamiento de un sistema con entradas y salidas, en donde las salidas dependen no solo de las señales de entrada actuales, sino del historial de entradas y del estado actual.

Parada de emergencia



Menú principal

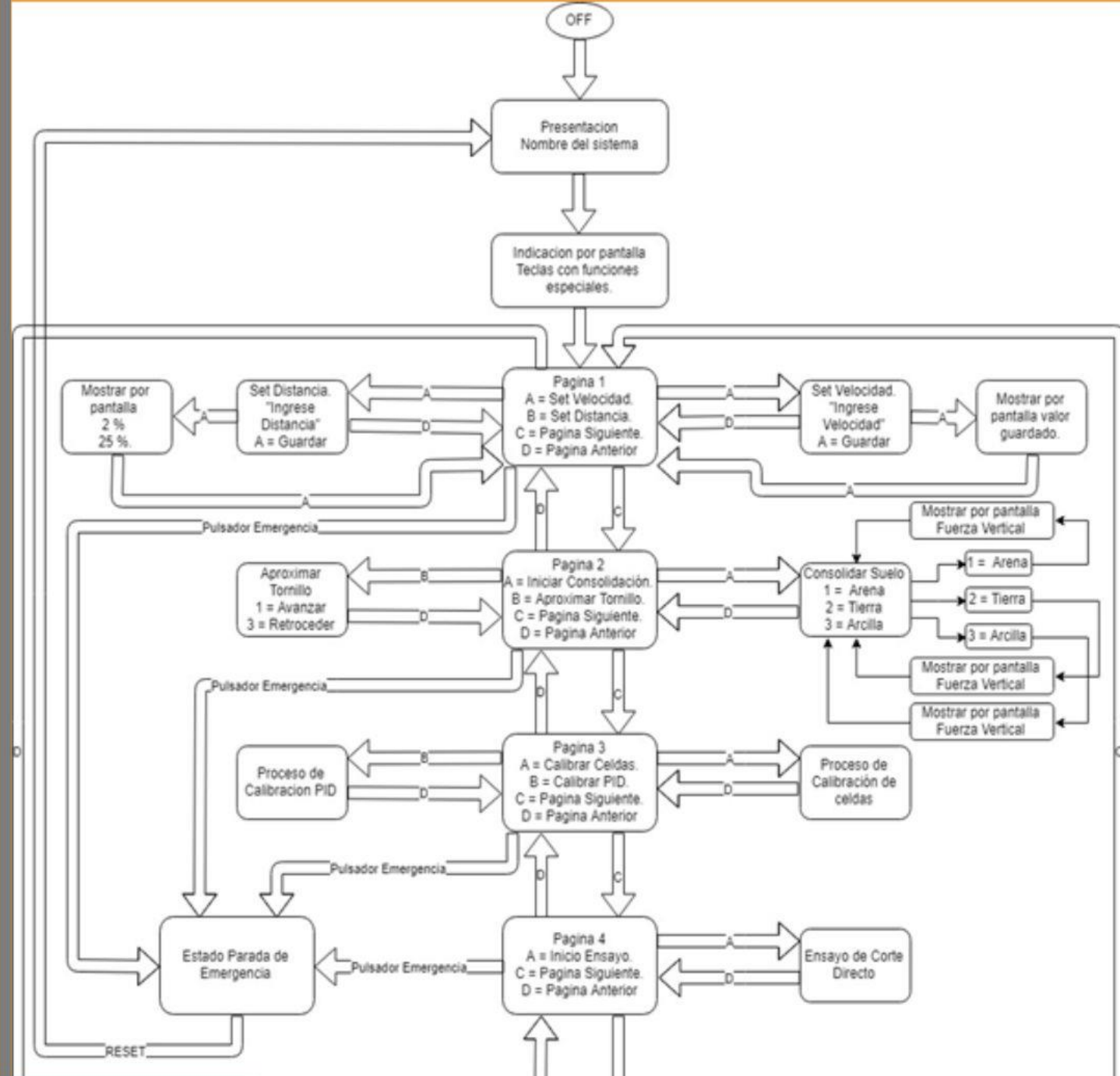


Diagrama calibración de celdas de carga

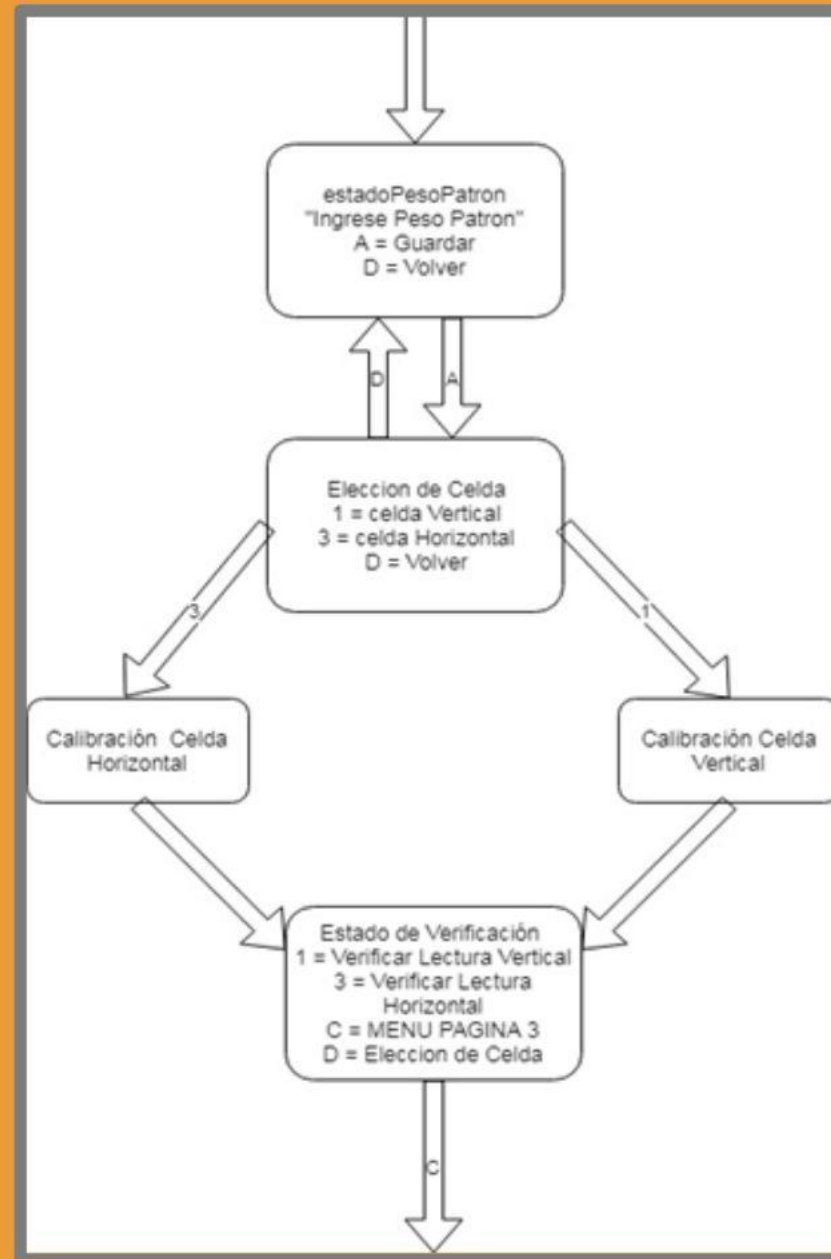
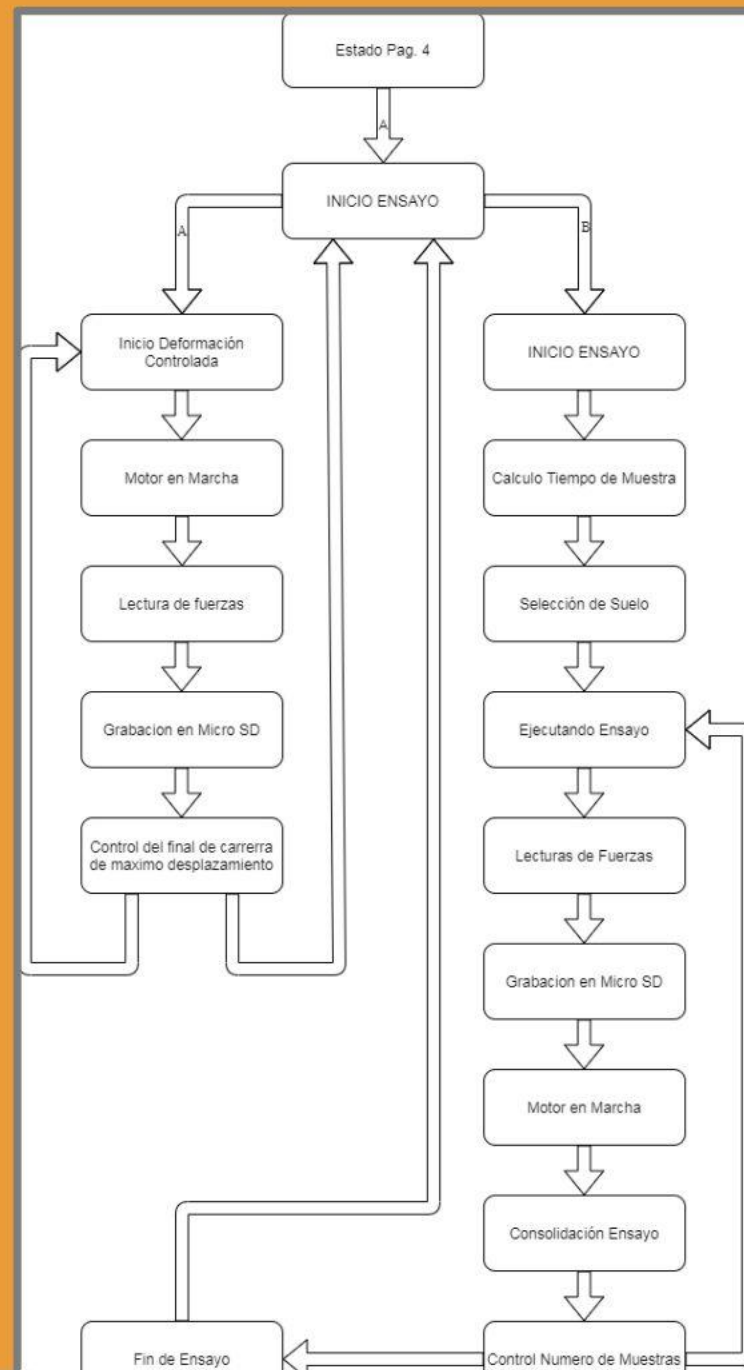


Diagrama Ensayo de Corte Directo



Proceso de Ensamble













Máquina Ensamblada



Sistema de Control Eléctrico para Máquina de Ensayo de Corte Directo, aplicado al estudio de suelo

Mecánica de suelos

Diseño del proyecto

Análisis económico

Objetivos del proyecto

Experimentos y resultados

Conclusión



Universidad
Nacional de
San Luis

Azurra Jesús Emmanuel
Proyecto final de carrera
Dir. Alejandro Silnik



Experimentos y Resultados

Experimentos

Se realizaron pruebas de funcionamiento de la máquina

Resultados

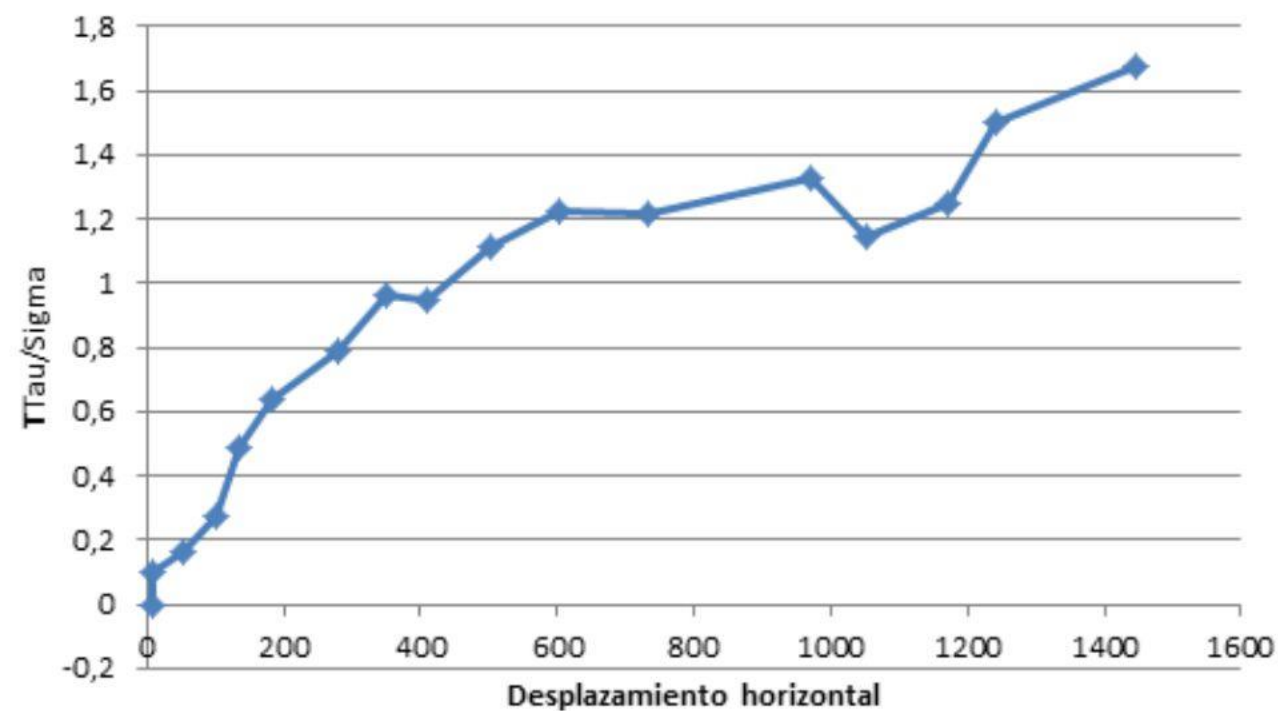
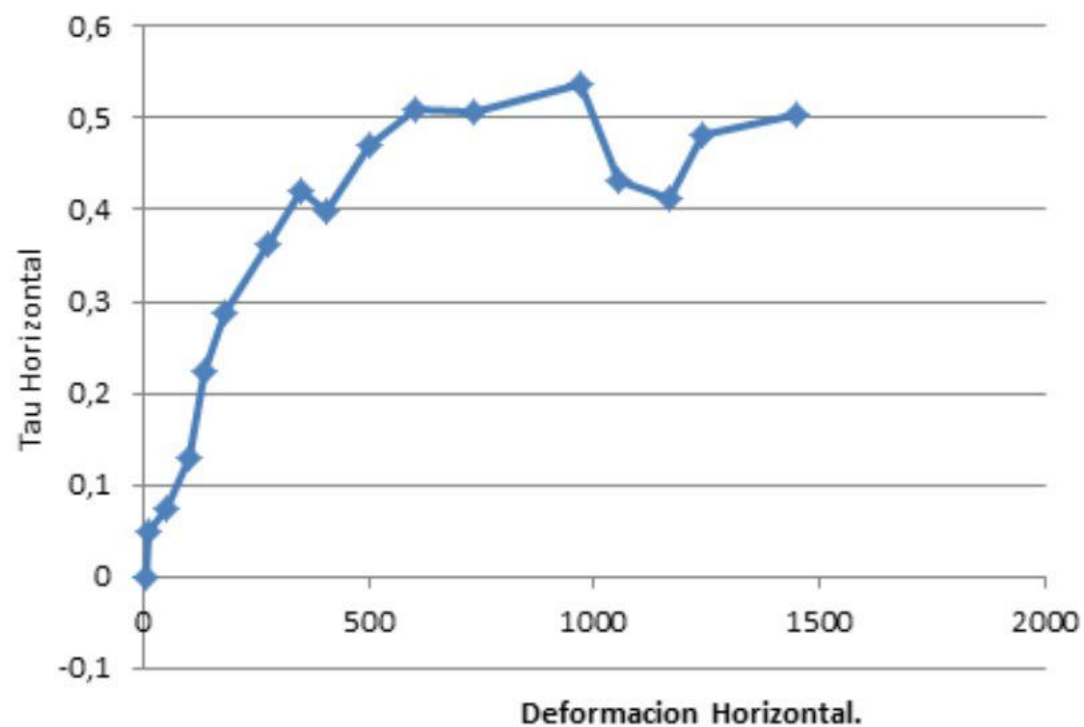
Experimento del ensayo en ejecución





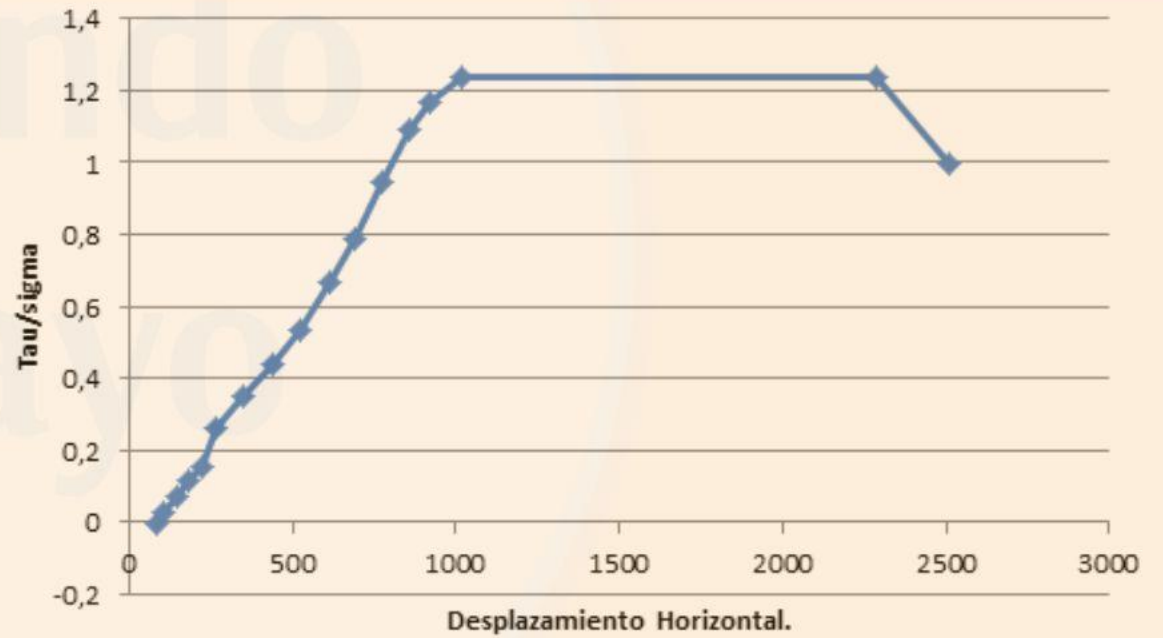
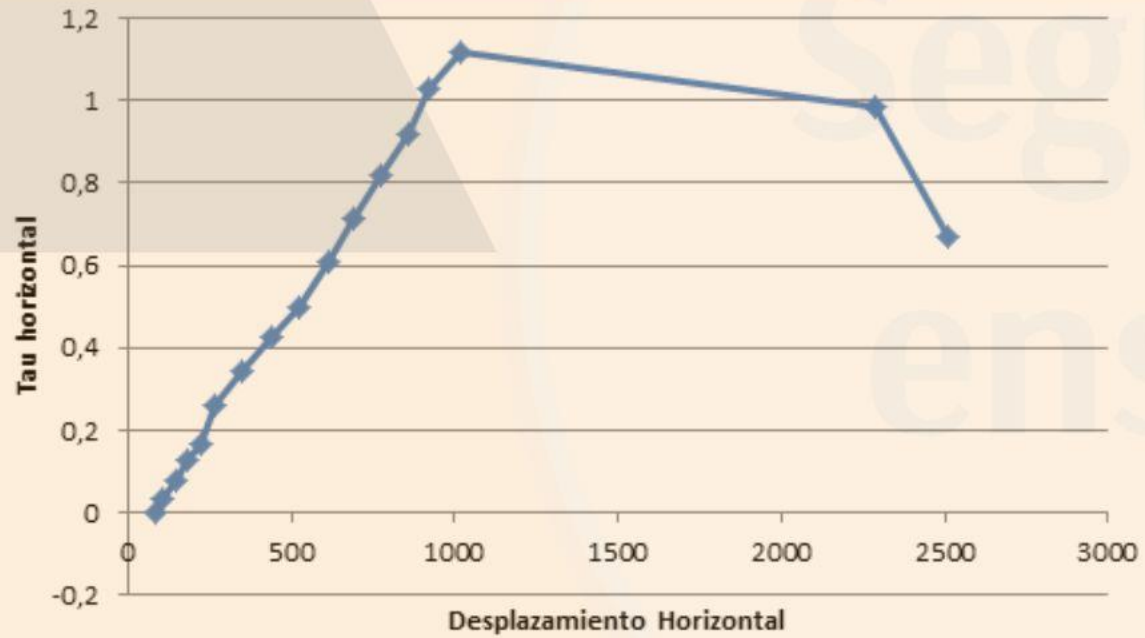
Primer ensayo

Primer ensayo



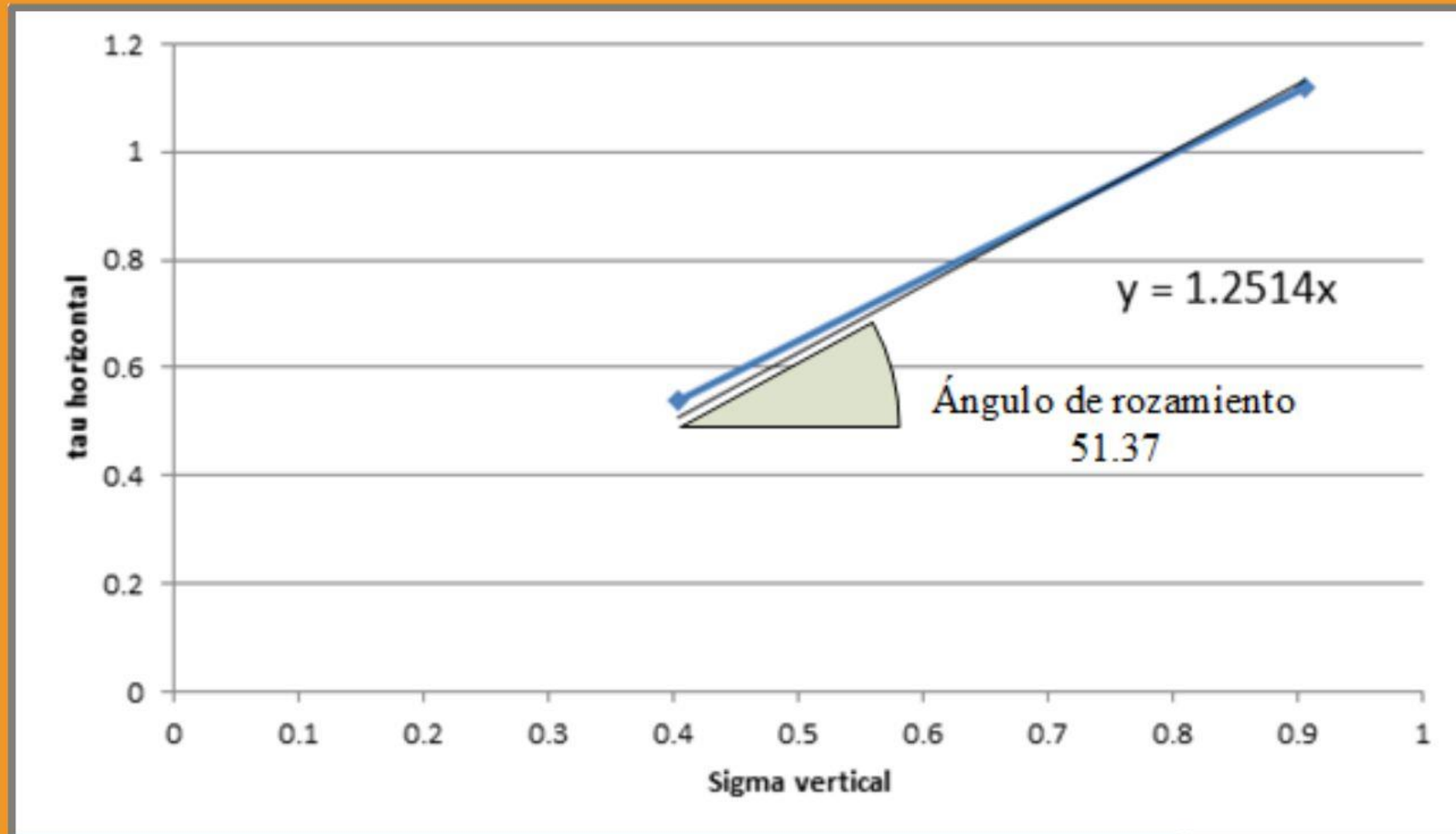
Segundo ensayo

Segundo Ensayo



Análisis Final

Análisis Final





Sistema de Control Eléctrico para Máquina de Ensayo de Corte Directo, aplicado al estudio de suelo

Mecánica de suelos

Diseño del proyecto

Análisis económico

Objetivos del proyecto

Experimentos y resultados

Conclusión



Universidad
Nacional de
San Luis

Azcurra Jesús Emmanuel
Proyecto final de carrera
Dir. Alejandro Silnik



Análisis económico

Costos del Proyecto

Se realiza un estudio de los costos de:

- Materiales
- Mano de obra
- Programación

Viabilidad del proyecto

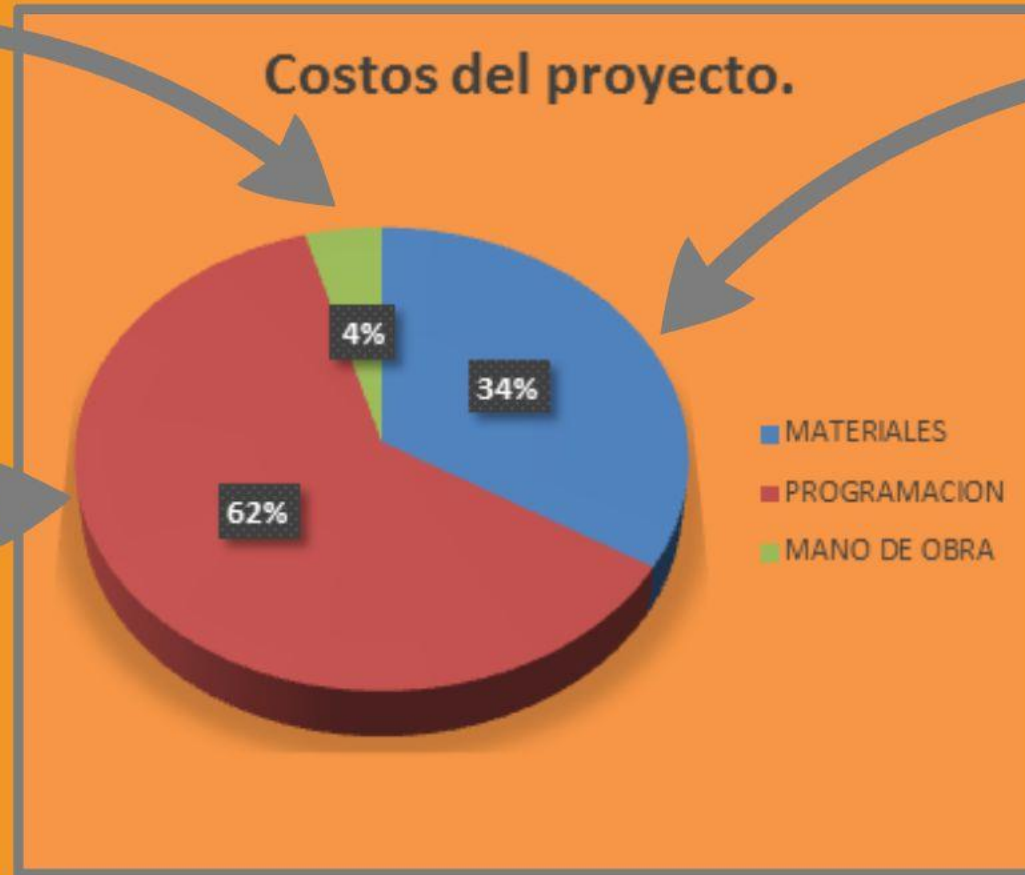
Análisis de costos

Mano de obra
\$ 4.800,00

Materiales
\$ 37.311,00

Programación
\$ 68.400,00

Precio Final
\$ 110.511,00



Precio Final

\$ 110.511,00

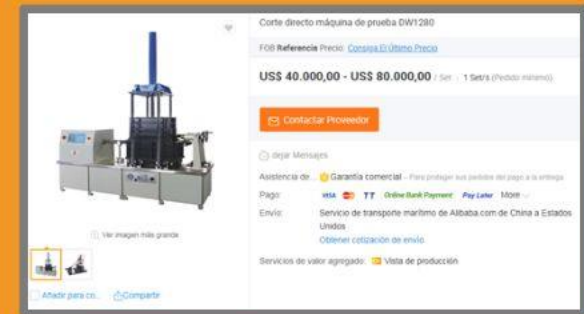
Análisis de Viabilidad



Precio final del proyecto en dólares
U\$D 678,50

Precio estimado de la máquina
U\$D 2000

Comparación de Costos



**Precio final del
proyecto en
dólares**

U\$D 678,50



Ver imagen más grande



Añadir para co...

Compartir

Light Duty corte directo prueba de precio de la máquina

FOB Referencia Precio: [Consiga El Último Precio](#)

US\$ 500,00 - US\$ 1.500,00 / Set | 1 Set/s Corte directo máquina de prueba (Pedido mínimo)

Aplicación:

Lead Time:

Cantidad(Set/s)	1 - 1	>1
Hora del Est.(días)	10	Negociable

[Contactar Proveedor](#)

dejar Mensajes

Asistencia de... **Garantía comercial** – Para proteger sus pedidos del pago a la entrega

Pago: [Online Bank Payment](#) [Pay Later](#) More

Envío: Servicio de transporte marítimo de Alibaba.com de China a Estados Unidos

[Obtener cotización de envío](#)

Servicios de valor agregado: [Vista de producción](#) [Servicio integral](#)

**Precio estimado
de la máquina
U\$D 2000**



 Ver imagen más grande



Añadir para co...

 Compartir

Corte directo máquina de prueba DW1280

FOB Referencia Precio: [Consiga El Último Precio](#)

US\$ 40.000,00 - US\$ 80.000,00 / Set | 1 Set/s (Pedido mínimo)

 [Contactar Proveedor](#)

 dejar Mensajes

Asistencia de...  **Garantía comercial** – Para proteger sus pedidos del pago a la entrega

Pago: [VISA](#)  [TT](#) [Online Bank Payment](#) [Pay Later](#) [More](#) 

Envío: Servicio de transporte marítimo de Alibaba.com de China a Estados Unidos

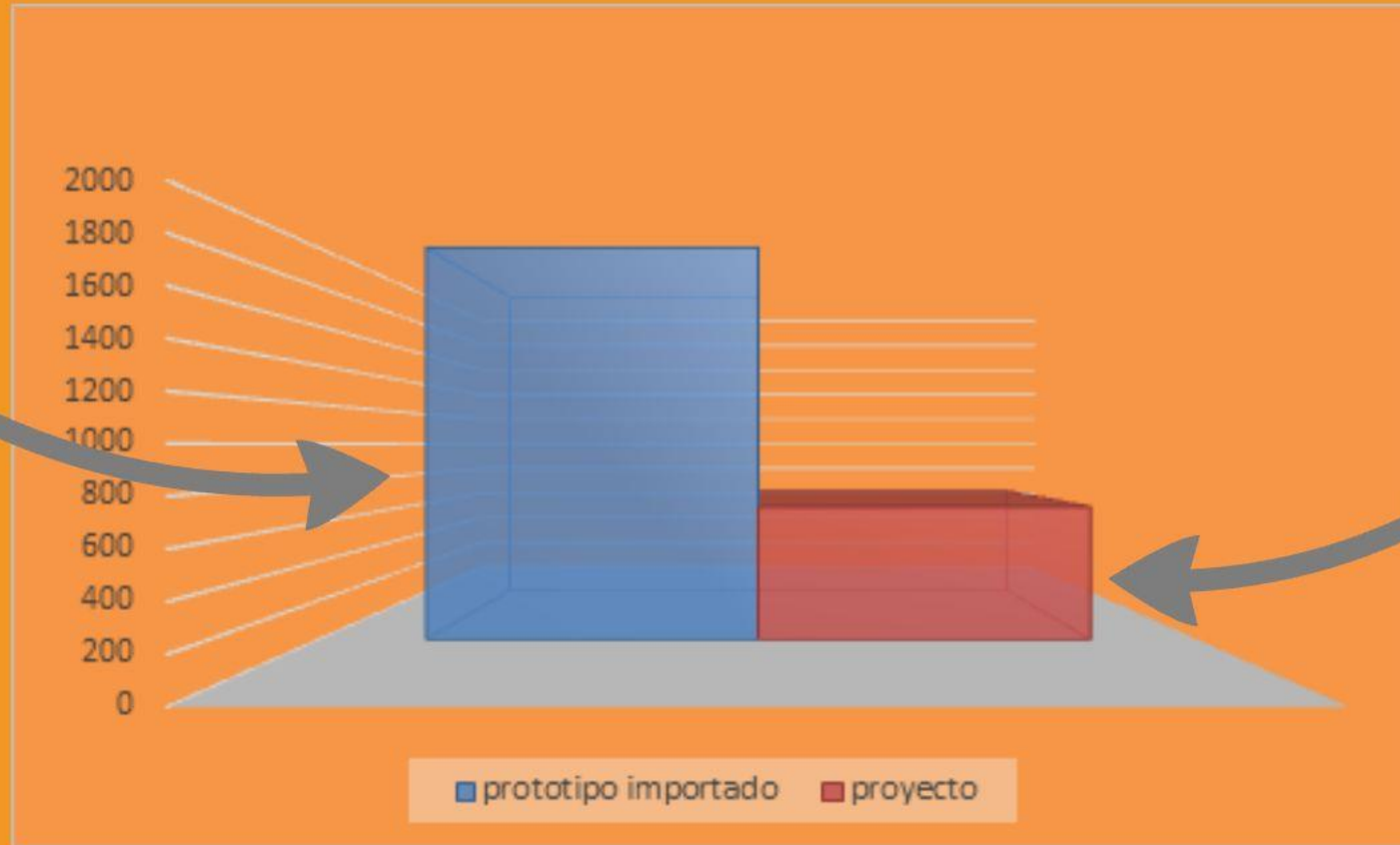
[Obtener cotización de envío](#)

Servicios de valor agregado:  [Vista de producción](#)

Comparación de Costos

Análisis de Viabilidad

**Máquina
importada
U\$D 2000**



**Proyecto
U\$D 678,5**

Sistema de Control Eléctrico para Máquina de Ensayo de Corte Directo, aplicado al estudio de suelo

Mecánica de suelos

Diseño del proyecto

Análisis económico

Objetivos del proyecto

Experimentos y resultados

Conclusión



Universidad
Nacional de
San Luis

Azcurra Jesús Emmanuel
Proyecto final de carrera
Dir. Alejandro Silnik



Conclusiones

Conclusiones

Consultas

**Propuestas
a futuro**

Agradecimientos

Conclusiones

Permitió perfeccionar el sistema de funcionamiento de la máquina de ensayo de corte directo, adicionando al mismo una mayor protección y control, evitando fallas imprevistas o paradas inesperadas que producían un mayor nivel de error en los resultados obtenidos de las muestras del suelo.

Disminuyó la intervención del operario en el proceso de ejecución del ensayo, lo cual permite un margen menor de errores en las variables obtenidas del ensayo.

Se logró suprimir la incertidumbre al momento de establecer la velocidad, ya que se reemplazó el sistema de manivela manual por un sistema de control de velocidad electrónico con un motor de corriente continua.

El costo que presenta el proyecto, a pesar de ser un prototipo y sin considerar los honorarios del programador, es considerablemente menor al que presenta adquirir un prototipo funcional o una máquina homologada para realizar el ensayo de corte directo. Por tanto, se concluye que la relación costo-beneficio de todos los factores de diseño e implementación involucrados es satisfactorio.

Existe una muy baja probabilidad de que se pueda producir un accidente en utilización de la máquina de ensayo de corte directo, ya que el sistema cuenta con dispositivos dedicados a brindar la seguridad de quien la opere. Además, por software se realizan todos los chequeos necesarios para evitar que pueda producirse un accidente.

Permitió perfeccionar el sistema de funcionamiento de la máquina de ensayo de corte directo, adicionando al mismo una mayor protección y control, evitando fallas imprevistas o paradas inesperadas que producían un mayor nivel de error en los resultados obtenidos de las muestras del suelo.

Conclusiones


Permitió perfeccionar el sistema de funcionamiento de la máquina de ensayo de corte directo, adicionando al mismo una mayor protección y control, evitando fallas imprevistas o paradas inesperadas que producían un mayor nivel de error en los resultados obtenidos de las muestras del suelo.

Disminuyó la intervención del operario en el proceso de ejecución del ensayo, lo cual permite un margen menor de errores en las variables obtenidas del ensayo.

Se logró suprimir la incertidumbre al momento de establecer la velocidad, ya que se reemplazó el sistema de manivela manual por un sistema de control de velocidad electrónico con un motor de corriente continua.

El costo que presenta el proyecto, a pesar de ser un prototipo y sin considerar los honorarios del programador, es considerablemente menor al que presenta adquirir un prototipo funcional o una máquina homologada para realizar el ensayo de corte directo. Por tanto, se concluye que la relación costo-beneficio de todos los factores de diseño e implementación involucrados es satisfactorio.

Existe una muy baja probabilidad de que se pueda producir un accidente en utilización de la máquina de ensayo de corte directo, ya que el sistema cuenta con dispositivos dedicados a brindar la seguridad de quien la opere. Además, por software se realizan todos los chequeos necesarios para evitar que pueda producirse un accidente.



Disminuyó la intervención del operario en el proceso de ejecución del ensayo, lo cual permite un margen menor de errores en las variables obtenidas del ensayo.

Conclusiones


Permitió perfeccionar el sistema de funcionamiento de la máquina de ensayo de corte directo, adicionando al mismo una mayor protección y control, evitando fallas imprevistas o paradas inesperadas que producían un mayor nivel de error en los resultados obtenidos de las muestras del suelo.

Disminuyó la intervención del operario en el proceso de ejecución del ensayo, lo cual permite un margen menor de errores en las variables obtenidas del ensayo.

Se logró suprimir la incertidumbre al momento de establecer la velocidad, ya que se reemplazó el sistema de manivela manual por un sistema de control de velocidad electrónico con un motor de corriente continua.

El costo que presenta el proyecto, a pesar de ser un prototipo y sin considerar los honorarios del programador, es considerablemente menor al que presenta adquirir un prototipo funcional o una máquina homologada para realizar el ensayo de corte directo. Por tanto, se concluye que la relación costo-beneficio de todos los factores de diseño e implementación involucrados es satisfactorio.

Existe una muy baja probabilidad de que se pueda producir un accidente en utilización de la máquina de ensayo de corte directo, ya que el sistema cuenta con dispositivos dedicados a brindar la seguridad de quien la opere. Además, por software se realizan todos los chequeos necesarios para evitar que pueda producirse un accidente.



Se logró suprimir la incertidumbre al momento de establecer la velocidad, ya que se reemplazó el sistema de manivela manual por un sistema de control de velocidad electrónico con un motor de corriente continua.

Conclusiones

Permitió perfeccionar el sistema de funcionamiento de la máquina de ensayo de corte directo, adicionando al mismo una mayor protección y control, evitando fallas imprevistas o paradas inesperadas que producían un mayor nivel de error en los resultados obtenidos de las muestras del suelo.

Disminuyó la intervención del operario en el proceso de ejecución del ensayo, lo cual permite un margen menor de errores en las variables obtenidas del ensayo.

Se logró suprimir la incertidumbre al momento de establecer la velocidad, ya que se reemplazó el sistema de manivela manual por un sistema de control de velocidad electrónico con un motor de corriente continua.

Existe una muy baja probabilidad de que se pueda producir un accidente en utilización de la máquina de ensayo de corte directo, ya que el sistema cuenta con dispositivos dedicados a brindar la seguridad de quien la opere. Además, por software se realizan todos los chequeos necesarios para evitar que pueda producirse un accidente.

El costo que presenta el proyecto, a pesar de ser un prototipo y sin considerar los honorarios del programador, es considerablemente menor al que presenta adquirir un prototipo funcional o una máquina homologada para realizar el ensayo de corte directo. Por tanto, se concluye que la relación costo-beneficio de todos los factores de diseño e implementación involucrados es satisfactorio.

Existe una muy baja probabilidad de que se pueda producir un accidente en utilización de la máquina de ensayo de corte directo, ya que el sistema cuenta con dispositivos dedicados a brindar la seguridad de quien la opere. Además, por software se realizan todos los chequeos necesarios para evitar que pueda producirse un accidente.

Conclusiones

Permitió perfeccionar el sistema de funcionamiento de la máquina de ensayo de corte directo, adicionando al mismo una mayor protección y control, evitando fallas imprevistas o paradas inesperadas que producían un mayor nivel de error en los resultados obtenidos de las muestras del suelo.

Disminuyó la intervención del operario en el proceso de ejecución del ensayo, lo cual permite un margen menor de errores en las variables obtenidas del ensayo.

Se logró suprimir la incertidumbre al momento de establecer la velocidad, ya que se reemplazó el sistema de manivela manual por un sistema de control de velocidad electrónico con un motor de corriente continua.

El costo que presenta el proyecto, a pesar de ser un prototipo y sin considerar los honorarios del programador, es considerablemente menor al que presenta adquirir un prototipo funcional o una máquina homologada para realizar el ensayo de corte directo. Por tanto, se concluye que la relación costo-beneficio de todos los factores de diseño e implementación involucrados es satisfactorio.

Existe una muy baja probabilidad de que se pueda producir un accidente en utilización de la máquina de ensayo de corte directo, ya que el sistema cuenta con dispositivos dedicados a brindar la seguridad de quien la opere. Además, por software se realizan todos los chequeos necesarios para evitar que pueda producirse un accidente.

El costo que presenta el proyecto, a pesar de ser un prototipo y sin considerar los honorarios del programador, es considerablemente menor al que presenta adquirir un prototipo funcional o una máquina homologada para realizar el ensayo de corte directo. Por tanto, se concluye que la relación costo-beneficio de todos los factores de diseño e implementación involucrados es satisfactorio.

Conclusiones

Permitió perfeccionar el sistema de funcionamiento de la máquina de ensayo de corte directo, adicionando al mismo una mayor protección y control, evitando fallas imprevistas o paradas inesperadas que producían un mayor nivel de error en los resultados obtenidos de las muestras del suelo.

Disminuyó la intervención del operario en el proceso de ejecución del ensayo, lo cual permite un margen menor de errores en las variables obtenidas del ensayo.

Se logró suprimir la incertidumbre al momento de establecer la velocidad, ya que se reemplazó el sistema de manivela manual por un sistema de control de velocidad electrónico con un motor de corriente continua.

El costo que presenta el proyecto, a pesar de ser un prototipo y sin considerar los honorarios del programador, es considerablemente menor al que presenta adquirir un prototipo funcional o una máquina homologada para realizar el ensayo de corte directo. Por tanto, se concluye que la relación costo-beneficio de todos los factores de diseño e implementación involucrados es satisfactorio.

Existe una muy baja probabilidad de que se pueda producir un accidente en utilización de la máquina de ensayo de corte directo, ya que el sistema cuenta con dispositivos dedicados a brindar la seguridad de quien la opere. Además, por software se realizan todos los chequeos necesarios para evitar que pueda producirse un accidente.

Propuestas a futuro

A central vertical arrow points downwards from the title. From the top of this arrow, two curved arrows branch out to the left and right, pointing towards the first two proposal boxes. A third arrow continues straight down from the central point to the bottom proposal box.

Se propone para una segunda etapa del proyecto, realizar la instalación de un encoder absoluto de alta precisión que permita poner en funcionamiento el controlador PID programado en este proyecto y de esa manera aumentar la precisión de la velocidad seteada del ensayo.

Anexar unos sensores que permitan medir las deformaciones con una precisión en el orden de los micrómetros, y de esta manera aumentar la calidad y precisión de los ensayos.

Anexar un módulo de comunicación Bluetooth, que permita enviar los datos del ensayo directamente a un dispositivo Smartphone o notebook, logrando así una mayor agilidad en el tratamiento de los datos obtenidos del ensayo.

Se propone para una segunda etapa del proyecto, realizar la instalación de un encoder absoluto de alta precisión que permita poner en funcionamiento el controlador PID programado en este proyecto y de esa manera aumentar la precisión de la velocidad seteada del ensayo.



Propuestas a futuro

A central vertical arrow points downwards from the title. From the top of this arrow, two curved arrows branch out to the left and right, pointing towards the first two proposal boxes. A third arrow continues straight down from the central point to the bottom box.

Se propone para una segunda etapa del proyecto, realizar la instalación de un encoder absoluto de alta precisión que permita poner en funcionamiento el controlador PID programado en este proyecto y de esa manera aumentar la precisión de la velocidad seteada del ensayo.

Anexar unos sensores que permitan medir las deformaciones con una precisión en el orden de los micrómetros, y de esta manera aumentar la calidad y precisión de los ensayos.

Anexar un módulo de comunicación Bluetooth, que permita enviar los datos del ensayo directamente a un dispositivo Smartphone o notebook, logrando así una mayor agilidad en el tratamiento de los datos obtenidos del ensayo.



Anexar unos sensores que permitan medir las deformaciones con una precisión en el orden de los micrómetros, y de esta manera aumentar la calidad y precisión de los ensayos.

Propuestas a futuro

A central vertical arrow points downwards from the title. From the top of this arrow, two curved arrows branch out to the left and right, pointing towards the first two proposal boxes. A third arrow continues straight down from the central point to the bottom box.

Se propone para una segunda etapa del proyecto, realizar la instalación de un encoder absoluto de alta precisión que permita poner en funcionamiento el controlador PID programado en este proyecto y de esa manera aumentar la precisión de la velocidad seteada del ensayo.

Anexar unos sensores que permitan medir las deformaciones con una precisión en el orden de los micrómetros, y de esta manera aumentar la calidad y precisión de los ensayos.

Anexar un módulo de comunicación Bluetooth, que permita enviar los datos del ensayo directamente a un dispositivo Smartphone o notebook, logrando así una mayor agilidad en el tratamiento de los datos obtenidos del ensayo.



Anexar un módulo de comunicación Bluetooth, que permita enviar los datos del ensayo directamente a un dispositivo Smartphone o notebook, logrando así una mayor agilidad en el tratamiento de los datos obtenidos del ensayo.

Propuestas a futuro

A central vertical arrow points downwards from the title. From the top of this arrow, two curved arrows branch out to the left and right, pointing towards the first two proposal boxes. A third arrow continues straight down from the central point to the bottom box.

Se propone para una segunda etapa del proyecto, realizar la instalación de un encoder absoluto de alta precisión que permita poner en funcionamiento el controlador PID programado en este proyecto y de esa manera aumentar la precisión de la velocidad seteada del ensayo.

Anexar unos sensores que permitan medir las deformaciones con una precisión en el orden de los micrómetros, y de esta manera aumentar la calidad y precisión de los ensayos.

Anexar un módulo de comunicación Bluetooth, que permita enviar los datos del ensayo directamente a un dispositivo Smartphone o notebook, logrando así una mayor agilidad en el tratamiento de los datos obtenidos del ensayo.



Agradecimientos

Marisa Albornoz

María Costanzo

Marcos Picco

Lucas Azcurra

Agustín Ferrari

Federico Delaude

GRACIAS A TODOS

Alejandro Silnik

Juan Azcurra

Santiago Azcurra

Enrique Vallejos

**Juan Pablo
Imperiale**

Adela Pérez del Viso

¡ Muchas gracias !