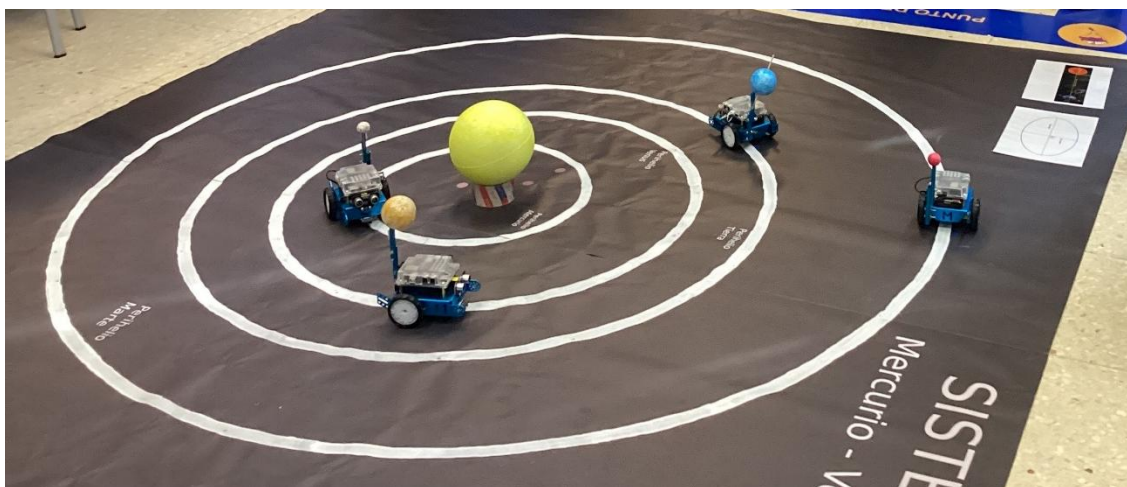


**POLOS
CREATIVOS**

IES Saturnino Montojo

“Danza dos planetas”

Sistema solar a escala co MBot



Todo o material do proxecto publícase baixo licenza **Creative Commons CC BY-NC-SA**. .

Proxecto: “Danza dos planetas” Sistema solar a escala co MBot

Paso a Paso e indicacións

PASO 1: DESEÑO DA MAQUETA DO SISTEMA SOLAR:

Facilítanse neste arquivo os cálculos necesarios para o seu deseño.

- Investigación das características físicas e orbitais dos planetas interiores do Sistema Solar.
- Investigación das relacións de distancias entre os planetas e o Sol, empregando datos reais.
- Cálculo da escala da maqueta empregando a Unidade Astronómica (UA).
- Deseño e debuxo das órbitas elípticas por parte do alumnado, usando o método do xardineiro.

- Montaxe da maqueta: podería imprimirse nunha empresa especializada ou elaborarse manualmente polo alumnado.
- Cálculo do tamaño proporcional dos planetas segundo a escala utilizada na maqueta.
- Modificación da escala dos planetas para facer posible a súa representación visual e observación durante a exposición.
- Deseño e elaboración dos planetas utilizando diferentes materiais: impresión 3D, porexpán, bolas de diferentes tamaños ou materiais reciclados.

PASO 2: PROTOTIPADO DOS PLANETAS EN 3D

Facilítanse os arquivos STL preparados para impresión 3D no material complementario.

- Elaboración e impresión 3D dos planetas e dos posibles soportes para unilos aos robots.
- Decoración dos planetas usando cores identificativas de cada un deles.
- Colocación dos planetas nos robots.

PASO 3: PROGRAMACIÓN DOS ROBOTS MBOT

Facilítanse neste arquivo, as instrucións para a programación e no material complementario, os arquivos coas programacións correspondentes a cada robot-planeta.

- Programación dos robots mBot para seguir as órbitas mediante sensores segue-liñas.
- Cálculo proporcional das velocidades relativas dos planetas.
- Programación individualizada da velocidade de cada robot-planeta.
- Axuste experimental das velocidades dos robots mediante ensaio–erro.
- Comprobación do funcionamento da simulación orbital completa.

PASO 4: EXPOSICIÓN PÚBLICA DO PROXECTO NA BIBLIOTECA

Facilítase neste arquivo, as preguntas elaboradas polo alumnado para facer aos asistentes o día da presentación.

- Consulta das coordenadas astronómicas reais dos planetas empregando Stellarium.
- Colocación dos planetas na posición correspondente ao día da exposición.
- Preparación da exposición oral por parte do alumnado participante.
- Elaboración dos materiais visuais de apoio á presentación.

- Explicación ao público asistente do funcionamento da maqueta, das escalas empregadas e do movemento orbital dos planetas.
- Realización dunha demostración práctica do funcionamento coordinado dos robots mBot simulando o movemento orbital dos planetas interiores do Sistema Solar.
- Realización de preguntas interactivas para o público relacionadas coa observación astronómica e os movementos planetarios segundo a posición real dos planetas nesa data concreta.

MAQUETA DO SISTEMA SOLAR

Mercurio - Venus - Terra - Marte

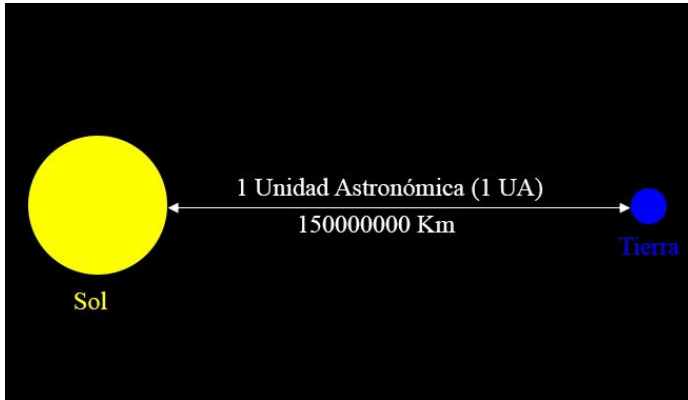
STEAM Club - Club de Ciencia

IES Saturnino Montojo

ESCALA DA MAQUETA

En primeiro lugar, buscamos os datos máis importantes de cada planeta, como a distancia media do planeta ao Sol e o seu radio.

A distancia media de Marte ao Sol é de 1,52 U.A. e a de Mercurio, o planeta máis próximo ao Sol, é de 0,39 U.A. Para poder observar a órbita de Mercurio cun tamaño razoable, decidimos representar na nosa maqueta 1,6 U.A. por 1 m.



Tendo en conta que 1 U.A. (distancia Terra-Sol) é aproximadamente 149.600.000 km, calculamos a escala da maqueta:

1 m na maqueta equivale na realidade a
 $1,6 \text{ U.A.} = 1,6 \text{ U.A.} \times 149.600.000 \text{ km}/1\text{U.A.} = 239.360.000 \text{ km} = 239.360.000.000 \text{ m}$

Escala: 1:239.360.000.000

ÓRBITAS E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS PLANETAS A ESCALA

Despois de buscar os datos orbitais e as características físicas reais dos planetas na Wikipedia, os calculamos a escala:

Planeta	Semieixo maior a (cm)	Distancia Sol - Foco 2 (cm)	Radio (cm)	Diámetro (cm)
Mercurio	24,2	9,950	0,0010	0,0020
Venus	45,2	0,612	0,0025	0,0050
Terra	62,5	2,089	0,0027	0,0054
Marte	95,2	17,773	0,0014	0,0028
Xúpiter	325,3	31,481	0,0299	0,0598
Saturno	598,9	67,649	0,0252	0,0504

O diámetro do Sol para a nosa maqueta: 0,2906 cm

A distancia media de Mercurio ao Sol son uns 25 cm, de Venus ao Sol uns 45 cm, da Terra ao Sol uns 63 cm e Marte case 1 m.

A esta escala, precisaríamos unha maqueta de 6,5 m de ancho para representar a Xúpiter e de 12 m para Saturno. Por este motivo, non están incluídos.

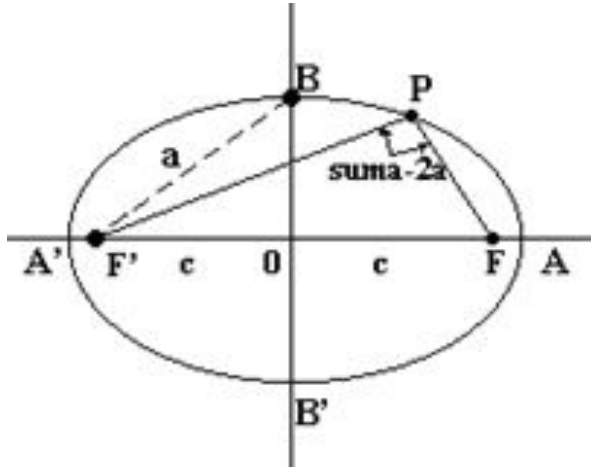
Por outro lado, **os planetas non son visibles** xa que o seu diámetro non chega nin á décima parte de 1 mm.

O Sol sería o único corpo celeste “visible” cun diámetro aproximado de 3mm.

Para poder observar os planetas debemos “falsear” a escala, multiplicando o seu diámetro por 2000. Aínda que non o do Sol, xa que nese caso mediría case 6 m!

Planeta	Diámetro (cm)
Mercurio	4,0
Venus	10,0
Terra	10,8
Marte	5,6

COMO DEBUXAR AS ÓRBITAS DOS PLANETAS



Os planetas descrevem unha órbita elíptica co Sol situado nun dos focos da elipse.

A **elipse** é o lugar xeométrico de todos os puntos dun plano, tales que a suma das distancias a outros puntos fixos, chamados focos, é constante.

A elipse é unha curva plana e pechada, simétrica respecto a dous eixos perpendiculares entre si:

- O semieixo maior a (o segmento $C-A$ da figura), e
- O semieixo menor b (o segmento $C-B$ da figura).

Miden a metade do eixo maior e menor respectivamente.

Os **focos da elipse** son dous puntos equidistantes do centro, F e F' , no eixo maior. A suma das distancias dende calquera punto P da elipse aos dous focos é constante e igual á lonxitude do diámetro maior, $2a$.

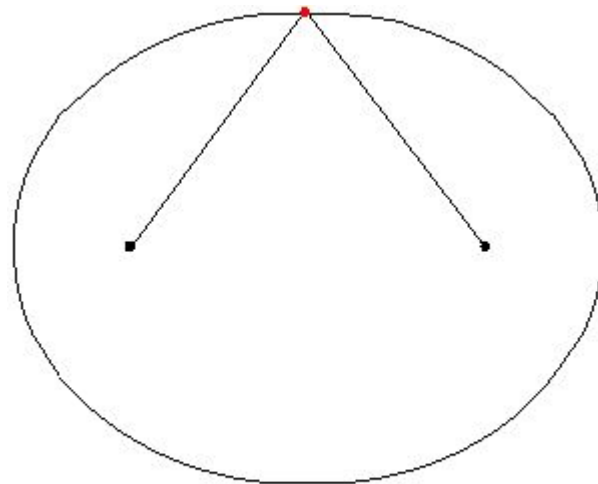
$$PF + PF' = 2a$$

A **excentricidade**, e , dunha elipse é a razón entre a distancia do centro da elipse a un dos seus focos, denominada pola letra c , e o seu semieixo maior, a :

$$e = c / a$$

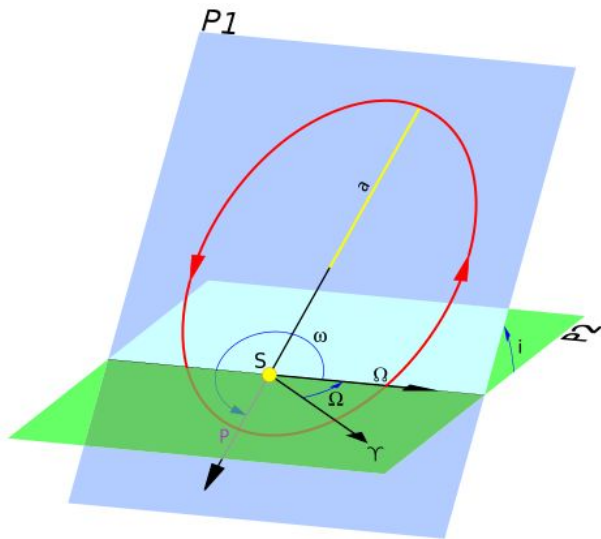
O seu valor atópase entre cero e un.

A distancia entre os dous focos ven dada por $2c = 2ea$. Se a **excentricidade se achega ao cero**, os focos están tan próximos que a súa órbita se aproxima a unha **circunferencia**.



Para debuxar a órbita elíptica de cada planeta na nosa maqueta de forma algo simplificada, empregaremos 4 dos 6 **elementos orbitais** dun corpo celeste que permiten definir a súa órbita:

- A **lonxitude do nodo ascendente** indica o plano da órbita.
- O **argumento de perihelio** orienta a órbita dentro do seu plano.
- O **semieixo maior, a** , determina o tamaño da órbita.
- A **excentricidade, $e = c / a$** , da a forma da elipse.



Na nosa **maqueta representaremos unicamente o plano da eclíptica** e supoñeremos que a órbita dos planetas coincide con este plano, o que é unha aproximación bastante boa.

Os dous primeiros elementos orbitais son os ángulos que sitúan ao eixo dos focos con respecto ao eixo X de orixe de coordenadas.

Por exemplo, para Mercurio, a suma destes ángulos é de 77° . Debuxámolo e temos o semieixo maior da elipse que contén ao Sol. Prolongámolo no sentido oposto e a 9,95 cm debuxamos o outro foco da elipse F2.

Cunha corda duns 58 cm ($9,95 \text{ cm} + 2 * 24,2 \text{ cm} = 58,35 \text{ cm}$) debuxamos a órbita de Mercurio.

Planeta	Lonxitude do nodo + Argumento do perihelio	Semieixo maior a (cm)	Distancia entre Sol - Foco 2 (cm)
Mercurio	$48^\circ + 29^\circ = 77^\circ$	24,2	9,950
Venus	$77^\circ + 55^\circ = 132^\circ$	45,2	0,612
Terra	$349^\circ + 114^\circ = 463^\circ \rightarrow 463^\circ - 365^\circ = 98^\circ$	62,5	2,089
Marte	$49,5^\circ + 286,5^\circ = 336^\circ$	95,2	17,773
Xúpiter	$100,5^\circ + 275^\circ = 375,5^\circ \rightarrow 375,5^\circ - 365^\circ = 10,5^\circ$	325,3	31,481
Saturno	$114^\circ + 336^\circ = 450^\circ \rightarrow 450^\circ - 365^\circ = 85^\circ$	598,9	67,649

COORDENADAS ECLÍPTICAS HELIOCÉNTRICAS

Para situar os obxectos celestes no espazo, precisamos un **sistema de coordenadas**. Empregaremos o **sistema de coordenadas eclíptico heliocéntrico**: o centro no Sol e plano XY no plano da eclíptica:

Plano da eclíptica: denomínase así ao plano da órbita da Terra arredor do Sol. Este plano atópase inclinado uns $23^{\circ}27'$ con respecto ao plano do ecuador terrestre.



Os planos do ecuador celeste e a eclíptica córtanse nunha recta, que ten nun extremo o punto Aries e no extremo diametralmente oposto o punto Libra. Esta recta é o eixo

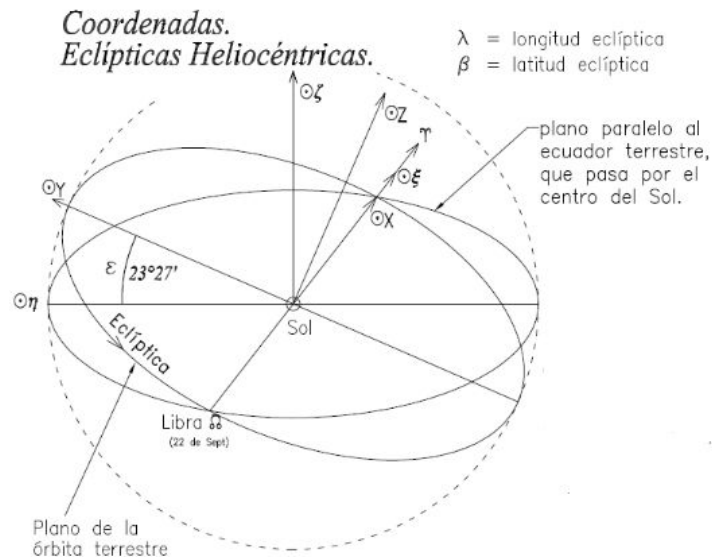
X, coa parte positiva dirixida cara o punto Aries, dende a Terra, como se fose vista por un observador dende o Sol, estaría situada sobre o 22 de setembro.

Hoxe en día podemos atopar o punto de Aries buscando a constelación de Pisces (antigamente a de Aries).

Para situar un obxecto no espazo, indicaremos a lonxitude, latitude e a súa distancia ao Sol.

Las coordenadas esféricas de este sistema son:

La distancia heliocéntrica: r ,
La longitud eclíptica: λ , γ
La latitud eclíptica: β .



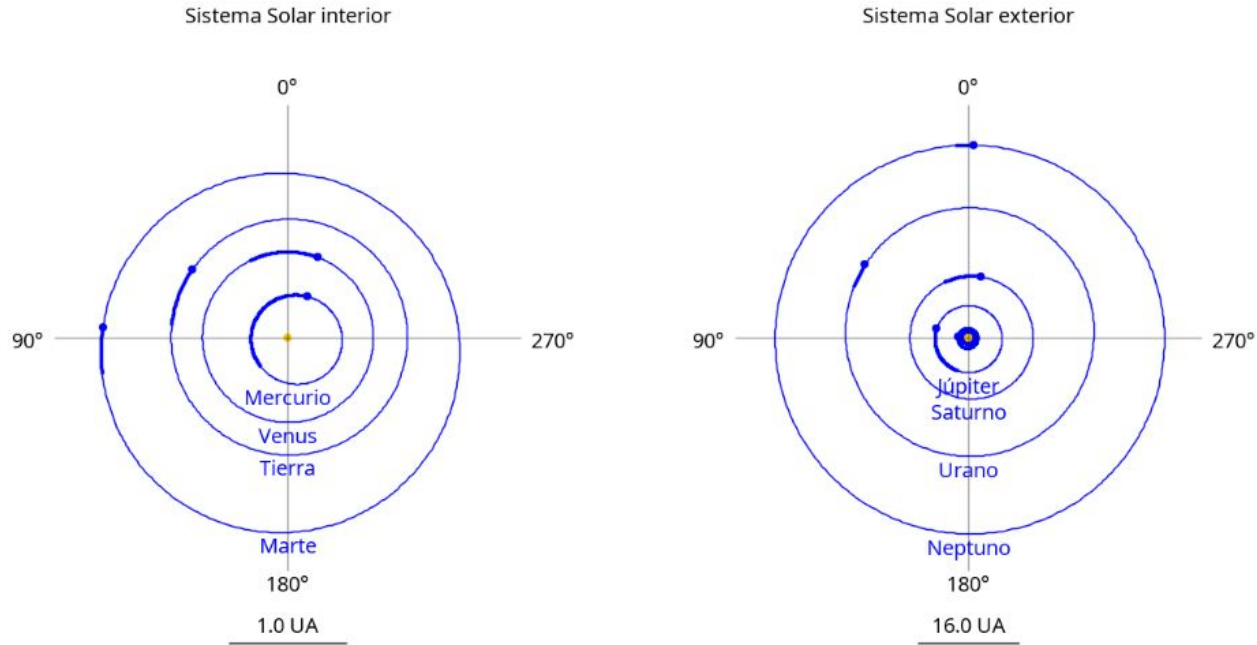
COORDENADAS A TEMPO REAL DOS PLANETAS

Para coñecer a posición a tempo real dun obxecto celeste, teremos que consultar un programa astronómico, Stellarium, Google Sky ou Celestia.

Por exemplo, hoxe 17 de novembro de 2024, consultando as coordenadas eclípticas dos planetas no Stellarium, obtendo:

Planeta	Lonxitude eclíptica	Latitude eclíptica
Mercurio	258°	-2°35'
Venus	277°	-2°18'
Terra	40°	0°
Marte	123°	1°59'
Xúpiter	78°	0°42'
Saturno	342°	-2°05'

Posicións aproximadas ás dadas na táboa:



La imagen izquierda muestra el Sistema Solar más interior, con los planetas rocosos Mercurio, Venus, la Tierra y Marte. La imagen derecha muestra la posición relativa de los planetas gaseosos exteriores: Júpiter, Saturno, Urano, y Neptuno. El tramo destacado representa el movimiento de los planetas en los próximos 30 días (imagen izquierda) y 3 años (derecha).

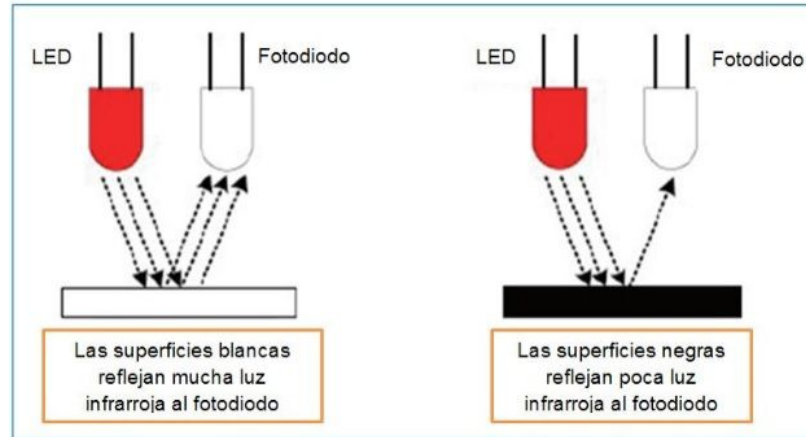
Imaxe obtida do Observatorio Astronómico Nacional (IGN): <https://www.oan.es/servidorEfem/index.php>

REPRESENTACIÓN DO SISTEMA SOLAR CON ROBOTS SIGUELIÑAS MBOT

IES Saturnino Montojo

DETECTOR DE LIÑA

O módulo sensor de infravermellos está deseñado para detectar unha liña branca ou negra. Funciona por reflexión e ten dúas partes: un LED IR que emite sinal e un fototransistor IR que recibe o sinal. Deste xeito, pode distinguir se está sobre unha superficie negra ou branca.



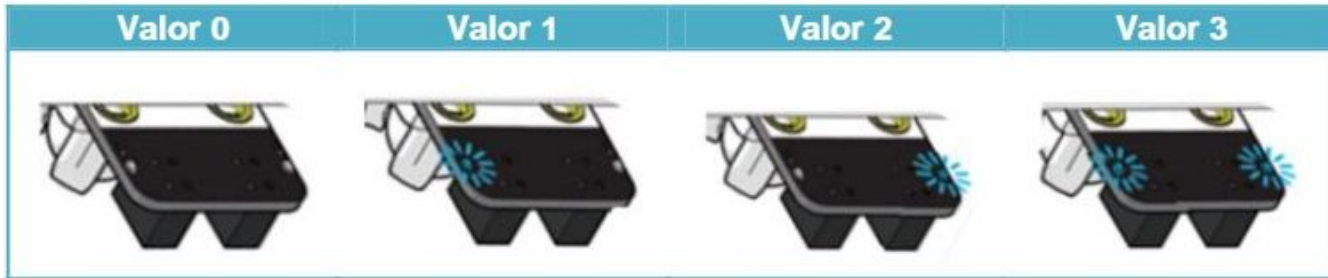
Funcionamiento del módulo detector de línea

POSIBILIDADES DE PROGRAMACIÓN

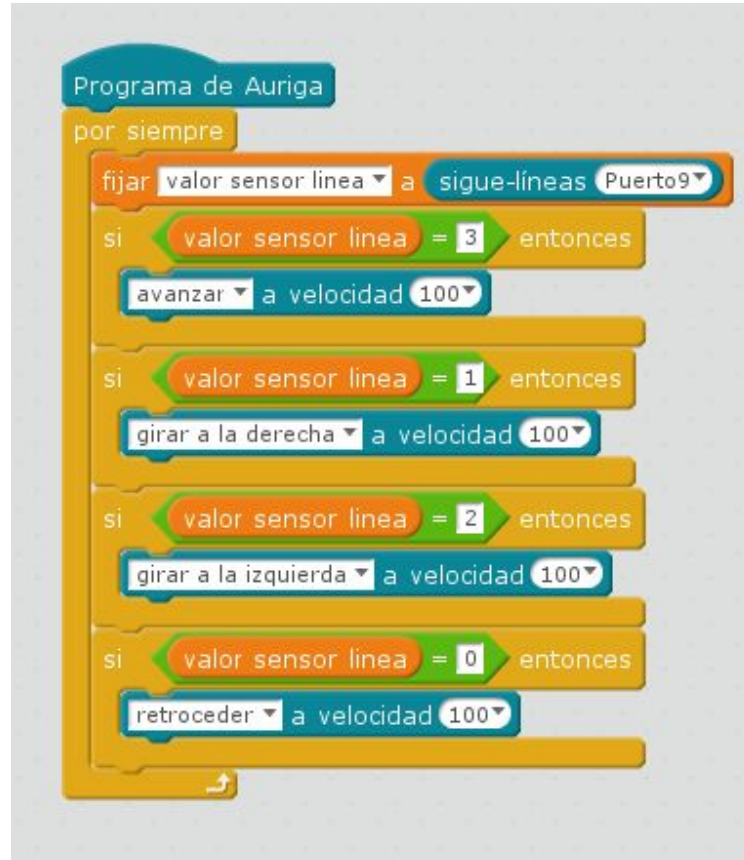
Á hora de programar o sensor, se nos poden dar 4 posibilidades. Eventualidades que o sensor da casa Makeblock ten implicitamente definidas cos seguintes valores numéricos: 0, 1, 2 e 3. Estes se describen como segue:

- 0 é o valor que representa que o sensor está totalmente enriba da liña negra.
- 3 é o valor que representa que o sensor está totalmente enriba da liña branca.
- 1 e 2 son os valores que se asocian cando un lado do sensor está fóra da liña negra, mentres que o outro lado está na cor negra.

As catro posicións poden verse graficamente na seguinte imaxe:



PROGRAMACIÓN



CÁLCULO DE VELOCIDADES

Se marcamos a velocidade do robot de Marte em 60, o tempo que tarda en dar unha volta é de 80 s. Calculamos o tempo para que o resto dos planetas sexa proporcional:

Planeta	Período orbital sideral (días)	Período orbital maqueta (s)	Velocidade media maqueta (cm/s)	$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{p}$
Mercurio	88	10	15,2	
Venus	225	26	10,9	
Terra	365	43	9,1	
Marte	687	80	7,5	

Sabendo as velocidades medias dos planetas, fixemos o cálculo proporcional do resto de planetas:

$$\text{Marte}=60 \quad \text{Tierra} = \frac{60 \cdot 9,1}{7,5} = 73 \quad \text{Venus} = \frac{60 \cdot 10,9}{7,5} = 87 \quad \text{Mercurio} = \frac{60 \cdot 15,2}{7,5} = 122$$

Posteriormente, debemos axustar as velocidades dos robots por medio de ensaio-erro, debido a que as velocidades se ven modificadas na realidade pola rugosidade da tela da maqueta, pola diferente curvatura das órbitas...

EXPOSICIÓN PÚBLICA DO PROXECTO

Preguntas realizadas polo alumnado

OBSERVA A SIMULACIÓN DO MOVEMENTO DOS PLANETAS REALIZADA POLOS ROBOTS DO STEAMCLUB E CONTESTA AS PREGUNTAS:

1) Cal é a posición do observador cando é de noite?

(Xirar a Terra e sinalar ao Playmobil)

2) Cal é a posición do observador cando se pon o Sol? Cal é a posición do observador cando amañece?

3) Cando veremos **Venus esta noite?**

a) Ao mencer

b) Ao anoitecer

c) Non o veremos

4) Por qué **non podemos ver Mercurio nin Venus ás 4 da noite?**

- a) Están ocultos polo Sol
- b) Están ocultos pola Lua
- c) Están ocultos pola Terra

5) Podemos ver **Marte** hoxe?

- a) Sí, só ao anoitecer
- b) Sí, toda a noite
- c) Sí, a partir das 22:30 aproximadamente

6) Por que podemos ver **Xúpiter case toda a noite** durante todo o inverno?

- a) Ningún obxecto celeste os oculta dende o lado de noite da Terra
- b) Está no lado oposto á Terra con respecto ao Sol