



## GRUPO DE EXPERIMENTACIÓN ARFLAT

### INFORME TÉCNICO

## LE PENDULE IMMOBILE

<b>Código del Documento:</b>	INF.04.08.LPI
<b>Fecha de vigencia:</b>	04/05/2020
<b>Informe:</b>	04
<b>Revisión:</b>	08
<b>Páginas</b>	28

*La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación, operación y divulgación, quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación Científica ArFLat cualquier cambio en los procesos y/o en la operatoria.*

*© Copyright 2020 Grupo ArFLAT | Todos los derechos reservados | Prohibida su reproducción, total o parcial y/o copia. Prohibida su exposición pública y/o privada sin la autorización explícita y expresa de Grupo ArFLAT – Experimentación Científica.*

## **Historial de Revisiones:**

Revisión: 01 / Vigencia: 15/01/2020 / INF.04.01.LPI

- *Primera versión original*

Revisión: 02 / Vigencia: 25/01/2020 / INF.04.02.LPI

- *Demostración del error relativo para el cálculo y corrección.*

Revisión: 03 / Vigencia: 28/02/2020 / INF.04.03.LPI

- *Incorporación del detalle de consideración la rotación terrestre.*
- *Corrección de la descomposición del vector aceleración de acuerdo a la inclinación terrestre.*
- *Corrección de cálculo de propagación de error en una fórmula.*
- *Se agregaron gráficos descriptivos para detallar aún más la experiencia.*
- *Corrección de ortografía en diferentes párrafos.*

Revisión: 04 / Vigencia: 01/03/2020 / INF.04.04.LPI

- *Incorporación de presentación del experimento y citas bibliográficas.*

Revisión: 05 / Vigencia: 08/03/2020 / INF.04.05.LPI

- *Modificación el orden de los textos, agregado de citas y bibliografías.*
- *Cálculos específicos de aceleración de traslación para los extremos de equinoccios y solsticios.*
- *Incorporación de las proyecciones de las aceleraciones centrípetas para los equinoccios y solsticios en AutoCAD.*

Revisión: 06 / Vigencia: 13/03/2020 / INF.04.06.LPI

- *Incorporación de mejoras y detalles en los gráficos en CAD de las proyecciones.*

Revisión: 07 / Vigencia: 17/04/2020 / INF.04.07.LPI

- *Reordenamiento de los ítems detallados.*
- *Cambio redacción de textos.*
- *Incorporación de citas bibliográficas.*

Revisión: 08 / Vigencia: 04/05/2020 / INF.04.08.LPI

- *Corrección de la cita 7 reemplazando el periodo de precesión mostrado de 23.000 años a 25.776 años.*

		INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	VºBº
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	2 de 28

## Índice:

Presentación.....	4
1) Introducción.....	7
2) Objetivo del informe.....	8
3) Difusión.....	8
4) Hipótesis.....	8
5) Desarrollo de la experimentación.....	8
6) Datos utilizados.....	10
7) Cálculos.....	11
8) Análisis de errores.....	18
9) Experiencias con el péndulo.....	21
10) Resultados de las experiencias.....	24
11) Conclusiones.....	26
Participantes y agradecimientos.....	27
Bibliografía.....	28

 <b>INFORME TÉCNICO</b>		<b>LE PENDULE IMMOBILE</b>		
<b>Código del Doc.:</b>		INF.04.08.LPI		
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.				<b>PÁGINA:</b> 3 de 28

## Presentación

Desde la más remota antigüedad los pensadores, filósofos y físicos -tomemos en cuenta que estas categorías divisorias en diversas áreas aparecen con la modernidad- han puesto en consideración diferentes modelos en los que se ha intentado demostrar, o refutar, el movimiento de la Tierra. Ya en la Grecia antigua, según cuenta la historia, se generó un interesante debate cuando Aristarco de Samos planteó la posibilidad de una Tierra móvil, desafiando el sentido común de la época, teniendo en cuenta que, además, contradecía la percepción directa de nuestros sentidos. Bajo el paradigma heliocéntrico podemos explicar hoy en día, a partir del desarrollo de la física clásica, de qué modo la tierra puede estar rotando sobre sí misma cada 24 horas, a la vez que gira alrededor del sol cada 365 días, sin que sintamos absolutamente nada, debido a que las variaciones de velocidad (aceleraciones) son muy pequeñas, y lo único que podemos detectar dentro de un marco de referencia inercial son estos cambios.

Vamos a clarificarlo un poco, supongamos que estamos dentro de un automóvil o un avión moviéndonos a gran velocidad. Mientras éste se mueva de manera constante en línea recta no vamos a sentir absolutamente nada, hasta podríamos quedarnos dormidos yendo a mil kilómetros por hora. Pero si el auto o el avión frenaran, aceleraran o giraran, sentiríamos el efecto.

Ahora bien, la pregunta es:

¿Sería posible entonces construir un dispositivo que sea capaz de detectar esos pequeños cambios de movimiento debido a los giros de la tierra sobre su eje y alrededor del sol?

En el siglo XIX León Foucault se preguntó lo mismo, e ideó un péndulo con el que, gracias a la capacidad oscilar durante mucho tiempo, detectaría el movimiento de la tierra ya que la masa conservaría su dirección (inercia) mientras la tierra rotaba debajo. Si bien, cuenta la historia que Foucault detectó un movimiento, notó que no coincidía con la velocidad de rotación de la tierra... y esto suele atribuirse<sup>1</sup> a que desconocía la descomposición trigonométrica sobre una esfera en base a la latitud, que hoy sabemos calcular perfectamente, lo que lo llevó a desarrollar el giroscopio, cuya propia etimología significa “observar el giro” para observar la rotación terrestre<sup>2</sup>. (párrafo aparte merecería atención nuestra experimentación con un péndulo de Foucault realizada en una facultad, en donde no coincidió absolutamente en nada con los resultados esperados).

A fines del año 2018, el equipo de ArFlat buscaba aprovechar el potencial tecnológico de los teléfonos móviles, ya que las especificaciones técnicas de los mismos señalan entre sus características que poseen un “giroscopio”, el cual se pretendía utilizar en sus experimentaciones. Fue en ese entonces que comenzamos a pensar cómo podríamos explotar el potencial de los acelerómetros para realizar experimentación, y sobre la detección del movimiento de la tierra lo que nos llevaba inmediatamente al péndulo de Foucault.

<sup>1</sup> <https://es.wikipedia.org/wiki/Giroscopio> (recurso web disponibles al 6/03/2020)

<sup>2</sup> <http://etimologias.dechile.net/?giroscopio> (recurso web disponible al 6/03/2020)

		INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	VºBº
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	4 de 28

Fue entonces cuando surgió la siguiente pregunta: ¿Si un péndulo de Foucault puede detectar la rotación de la tierra, no debería a su vez detectar la traslación alrededor del sol? Visualizando mentalmente el movimiento de rotación relativo y el efecto que tendría sobre un péndulo. Sólo quedaría tomar lápiz y papel, y realizar los cálculos... Quienes entendemos de física sabemos que las leyes de Newton funcionan y las matemáticas no fallan, hecho corroborado una y mil veces cada vez que utilizamos cualquier dispositivo mecánico, por lo que las predicciones se cumplen, y pueden verificarse experimentalmente<sup>3</sup>. El único punto en cuestión era si la magnitud resultaba suficientemente grande como para detectarla. ¡Y las consecuencias eran enormes! Si el experimento resultaba técnicamente viable, significaba que el movimiento de traslación podía ser detectado.

¡El resultado fue sorprendente! Si lográbamos que el péndulo permaneciera prácticamente inmóvil, oscilando apenas unos milímetros debido a las vibraciones (cosa que considerábamos factible) ¡el movimiento de traslación resultaría absolutamente detectable!

La idea (cuya formulación detallada se encontrará a continuación en el presente informe) expresada muy básicamente es la siguiente: la tierra se encuentra rotando a velocidad angular constante, lo que hará que en cada latitud haya una velocidad tangencial que según la primer ley de Newton (inerzia)<sup>4</sup> que hará que los objetos tiendan a conservar su movimiento rectilíneo, parece que “quisieran seguir derecho saliendo del círculo en lugar de rotar” (efecto conocido como “fuerza centrífuga<sup>5</sup>”), por lo que existe una aceleración centrípeta en cada latitud<sup>6</sup> que hace que continúen rotando (en lugar de continuar en línea recta). En nuestro experimento la aceleración centrípeta aplicada sobre la masa en un plano normal a la aceleración de la gravedad está dada por el cable. Para visualizarlo pensemos en una calesita girando rápidamente, ahora colocamos un péndulo (sin oscilar, quieto) en un extremo (fig. 1) observaremos que cuanto más rápido gira la calesita más tiende a alejarse la masa hacia afuera del centro de giro, si cortáramos el cable que la sujetaba la masa saldría volando en línea recta.



Fig. 1

<sup>3</sup> N. del A.: Desde ya que es posible que exista algún error de cálculo o formulación, por lo que están invitados todos aquellos que quieran colaborar a hacer una crítica constructiva si encuentran algo a señalar. Así mismo, hacemos saber que a la fecha no se han presentado objeciones serias, más allá de puntos que faltaban aclarar, debido a que el informe se fue construyendo a modo de borrador invitando a participar.

<sup>4</sup> YOUNG, HUGH D. y ROGER A. FREEDMAN (2009) *Física Universitaria volumen 1*, Decimosegunda edición, México: PEARSON EDUCACIÓN (pág. 111)

<sup>5</sup> ROBERT RESNICK, DAVID HALLIDAY, KEMNETH S. KRANE (2001) *Física Vol. 1*, Cuarta edición (tercera en español), México: Compañía Editorial Continental (pág. 134)

<sup>6</sup> MARCELO ALONSO y EDWARD J. FINN (1995) *Física*, Wilmington, Delaware, Estados Unidos de América: Addison-Wesley Iberoamericana “Velocidad y aceleración de un punto en la superficie terrestre” (pág. 68)

INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE			
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI		
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.				PÁGINA:	5 de 28

*Esto mismo con magnitudes muy pequeñas (por eso necesitamos un gran péndulo para detectarlas) es lo que sucede debido a la rotación de la tierra. Ahora bien, en un giro constante la masa se mantendrá en una posición constante (de equilibrio) desplazada una distancia hacia afuera, o sea, si estando dentro de la calesita colocáramos una referencia (también apoyada sobre la calesita) debajo de la masa, veríamos que la masa no se mueve vista desde adentro. Pero ¿qué pasa si variamos la velocidad de la calesita? Veríamos que la masa del péndulo se va más hacia afuera cuando la velocidad es mayor y vuelve más hacia adentro cuando la velocidad es menor, es decir oscilaría visto desde un sistema de referencia colocado debajo del péndulo.*

*En eso se basa este experimento, como hay un giro dentro de otro giro, esto hará que la masa vaya más rápido cuando la rotación vaya solidaria a la traslación (12 de la noche) y más lento cuando vaya en contra (12 del mediodía), produciéndose una pequeña oscilación con un período de 12 horas. Lo que nos conducía a dos posibles resultados:*

- 1. Que el péndulo oscilara según lo calculado, y fuera la primera vez en la historia de la física en que se detectara este movimiento.*
- 2. Que el péndulo permaneciera inmóvil, lo que demostraría que la tierra no realiza un movimiento de rotación y traslación según lo describe el modelo heliocéntrico<sup>7</sup>.*

*Hasta aquí, todo muy lindo sobre el papel, pero quedaba por delante la gran tarea de llevar acabo la experimentación, a lo que se ha abocado el maravilloso equipo de personas del grupo ArFlat, todo a pulmón, hecho por gente común con trabajo, linaje y demás ocupaciones, logrando conseguir tiempo extra para llevar adelante desde la fabricación del péndulo mismo, encontrar un lugar factible para realizar el experimento y montar el mismo hasta la confección del presente informe....*

*Bienvenidos a “Le Pendule Immobile”...*

<sup>7</sup> N. del A.: No fue tenido en cuenta cualquier otro movimiento ya que resulta insignificante en comparación, por ejemplo la precesión de los equinoccios tiene un período de 25.776 años, por lo que resulta despreciable en un período de 12 horas como se plantea en el experimento.

 <b>INFORME TÉCNICO</b>		<b>LE PENDULE IMMOBILE</b>		
<b>Código del Doc.:</b>		INF.04.08.LPI		
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.				<b>PÁGINA:</b> 6 de 28

## 1) Introducción

El presente documento en su revisión N° 8, propone una *hipótesis*, continuando con el desarrollo en el cual se encuentra una explicación de la experiencia, incluyendo los datos en los cuales nos basamos, así como su formulación matemática y análisis de errores, exponiendo entonces los resultados de la experimentación, finalizando con las conclusiones, agradecimientos y bibliografía de consulta.

Además, esta revisión amplía detalles que fueron considerados para la realización de la experiencia, pero no fueron detallados en su completitud en versiones anteriores.

Luego de plantear varios proyectos entre los integrantes del grupo, se decide realizar la experiencia y se pone en marcha la construcción de una masa cónica, a modo de ser utilizada como péndulo. Este proyecto constó de utilizar un molde cónico y hacer la misma de concreto, logrando en su fabricación insertarle un sistema de anclaje fijo de hierro para desde allí poder colgar la plomada a diferentes alturas, utilizando una línea de tensión de kevlar. En el extremo de esta masa cónica, se realiza una terminación centrada para la colocación de una aguja, elemento indicador que manifiesta medición sobre una grilla regulada.

La idea fue desde siempre realizar la experiencia lo más simple y concreta posible, ajustando todo a que sea lo más preciso en cuanto al mecanismo de medición y comparación, sin la intervención de ningún artilugio electrónico de medición que desarrolle quizás interferencias electromagnéticas o altere la funcionalidad de lo construido.

Para esta experiencia se ha propuesto utilizar como imagen un dibujo propuesto por un integrante del grupo, Walter Parada:



Fig. 2

ArFLAT EXPERIMENTACIÓN CIENTÍFICA		INFORME TÉCNICO			LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:		INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	V°B°	
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.						PÁGINA:	7 de 28

## 2) Difusión

Este informe será distribuido a través de los diferentes medios de difusión para todo el público en general y el mismo será de divulgación a través de nuestras redes sociales y plataformas web, con el fin que cualquier ser humano pueda repetir la experiencia el cualquier sitio del mundo.

### 3) Objetivo del informe

Manifestar explícitamente las hipótesis, cálculos, y conclusiones en base a lo observado de las experiencias, que serán mejoradas en detalle a lo largo de diferentes revisiones, con el posterior análisis de datos de las observaciones y mediciones realizadas.

#### 4) Hipótesis planteada

*"El "Planeta Tierra" realiza un movimiento de rotación y traslación alrededor del sol, tal cual el modelo heliocéntrico presenta hasta la fecha."*

## 5) Desarrollo de la experimentación

La experimentación consiste en colgar una masa, a modo de péndulo inmóvil, desde una altura de 30 metros (treinta metros), con los mínimos factores externos que puedan alterar su quietud (vientos, vibraciones, turbulencias, golpes, movimientos, etc.) dentro de un recinto cerrado. Esta masa quedará colgando sujetada a través de una línea de tensión de kevlar, de la mínima deformación a la tracción y torsión posible, y con la posibilidad de poder oscilar “pendular” libremente.

La masa debe encontrarse centrada sobre una grilla demarcada milimétricamente, y con la posibilidad de tener una lectura lo más precisa posible. Para ello se diseñó la grilla tal cual muestra la imagen (*fig. 3 y Fig. 4*), lo cual permitirá con las videocámaras instaladas tener una lectura de la aguja indicadora en el extremo del péndulo en cuanto éste se desplace de su marca original entre las 12 hs. del mediodía y las 00 hs. de la noche.

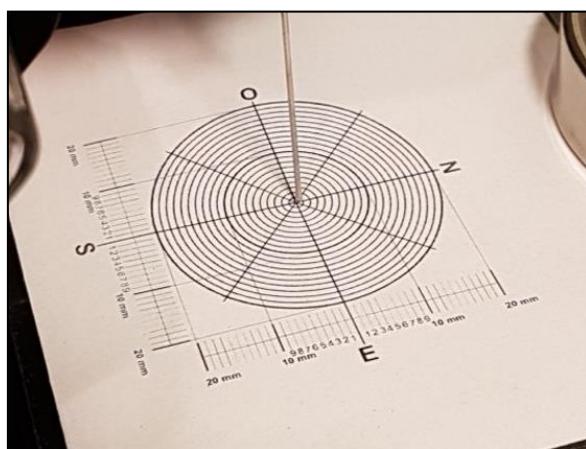
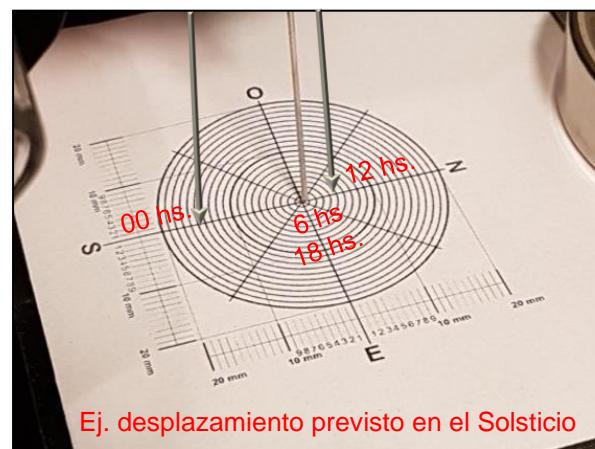


Fig. 3



### Ej. desplazamiento previsto en el Solsticio

Entendiendo que la Tierra posee un movimiento de rotación, y también se está trasladando alrededor del sol, tomando como válidas las Leyes de Newton, según la primera Ley de Newton (inercia)<sup>8</sup>, la masa cónica conservará su movimiento rectilíneo a menos que se aplique una fuerza sobre ella. Esta fuerza la aplicará el cable que sostiene la plomada sujeta a la tierra en forma de fuerza centrípeta. De manera que la masa cónica se desplazará hacia afuera del eje de rotación (efecto conocido como fuerza centrífuga)<sup>9</sup>; como partimos de la base que la tierra rota con una velocidad angular constante, ese desplazamiento de la masa cónica debido a la rotación permanecerá constante, es decir, sin cambios en equilibrio estático con respecto a las marcas de medición colocadas debajo.

Por ejemplo, podemos observar en un péndulo colgado (fig. 5).

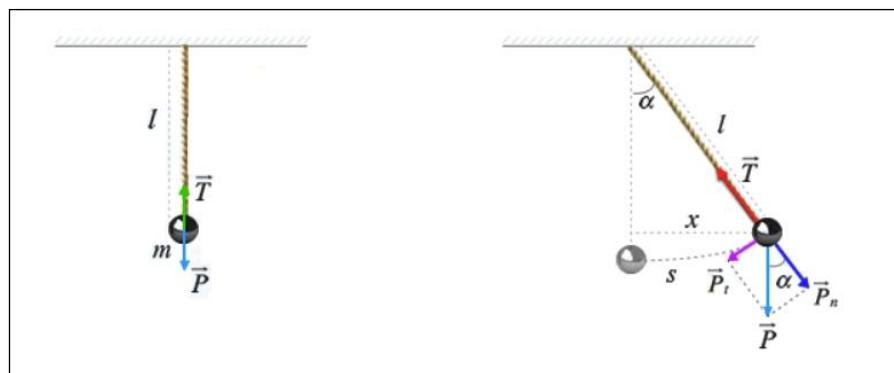


Fig. 5

Sin embargo, la velocidad de la masa variará según gire en la translación solidaria a la dirección de rotación o en contra de la misma, sumándose o restándose como observamos (a modo de ejemplo) en el juego de las tazas de un parque de diversiones (Fig 6.), experimentando los momentos de mínima velocidad al mediodía, y máxima velocidad a media noche<sup>10</sup>.



Fig. 6

<sup>8</sup> Ver pág. 5 cita <sup>4</sup>

<sup>9</sup> Ver pág. 5 cita <sup>5</sup>

<sup>10</sup> N. del A.: Nótese que son velocidades de rotación, por lo que existen aceleraciones que pueden ser calculadas aplicando las leyes de Newton, y detectadas como se propone en esta experiencia.

		INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	VºBº
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFLAT, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	9 de 28

## **6) Datos utilizados**

- Leyes de Newton<sup>11</sup>
- Coordenadas geográficas de la realización de la experiencia
- La rotación de la Tierra, el radio medio terrestre, e inclinación del eje terrestre<sup>12</sup>
- La órbita de traslación de la Tierra alrededor del sol<sup>13</sup>
- Longitud del péndulo:  $30\text{ m} \pm 0,001\text{ m}$  (medido con distanciómetro laser)
- Masa del péndulo:  $27,4\text{ Kg} \pm 0,1\text{ kg}$  (pesado con balanza electrónica) (*si bien en principio no es necesario este dato para el experimento, lo incluimos a título informativo*)

<sup>11</sup> ROBERT RESNICK, DAVID HALLIDAY, KENNETH S. KRANE (2001) *Física Vol. 1*, Cuarta edición (tercera en español), México: Compañía Editorial Continental (pág. 87)

<sup>12</sup> WILLIAM F. RILEY; LEROY D. STURGES (1996) *Ingeniería mecánica: Estática*, Reverte. (pág. 7)

<sup>13</sup> JUAN JOSE DE ORUS NAVARRO; M. ASUNCIÓN CATALÁ POCH; JORGE NÚÑEZ DE MURGA (2007) *Astronomía esférica y mecánica celeste*, Universitat de Barcelona (pág. 153)

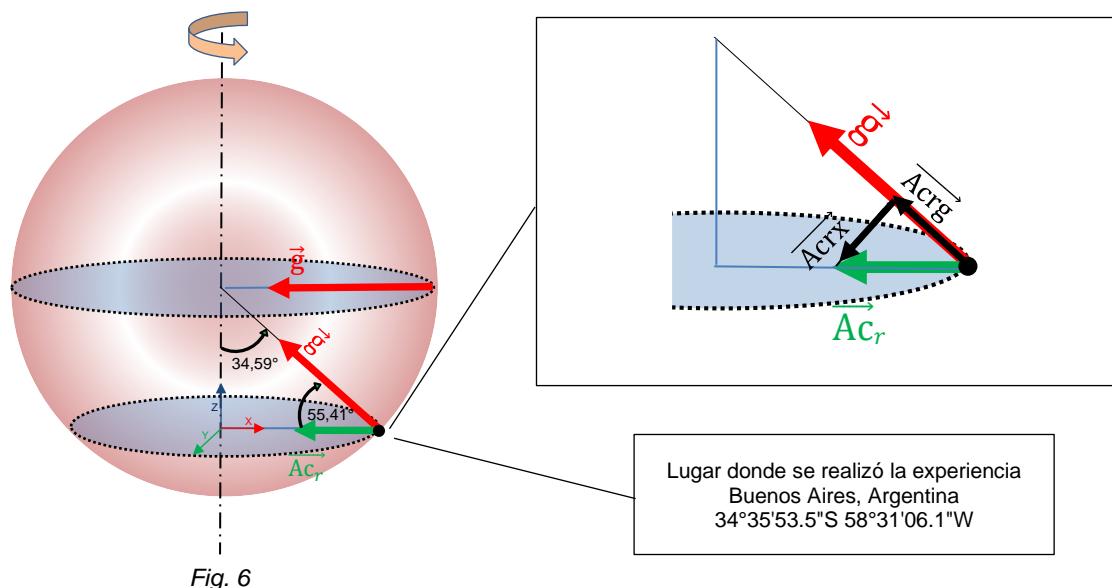
 <b>INFORME TÉCNICO</b>		<b>LE PENDULE IMMOBILE</b>		
<b>Código del Doc.:</b>		<b>INF.04.08.LPI</b>		
<b>REVISIÓN:</b>	08	<b>VIGENCIA:</b>	04/05/2020	<b>EMITIDO POR:</b>
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.				<b>PÁGINA:</b>
				10 de 28

## 7) Cálculos

### 7.1 Rotación terrestre

Por cuestiones de practicidad se aproximarán La Tierra a una esfera perfecta como se hace en los libros de física para poder hacer los cálculos, ya que el error resulta menor al 0,3%, lo que lo hace despreciable<sup>14</sup>

Calcularemos la aceleración centrípeta de rotación, donde observaremos que es constante. De la figura a continuación se desprende que va a depender de la ubicación sobre el Planeta Tierra. Consideraremos las coordenadas de donde se realizó la experiencia:



Utilizaremos el cálculo de la aceleración centrípeta debido a la rotación en este caso como:

$$Ac_r = \omega_r^2 \cdot r \cdot \cos(\text{latitud})$$

<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Ver pág. 10 cita <sup>12</sup>

<sup>15</sup> MARCELO ALONSO y EDWARD J. FINN (1995) *Física*, Wilmington, Delaware, Estados Unidos de América: Addison-Wesley Iberoamericana “Velocidad y aceleración de un punto en la superficie terrestre” (pág. 68-69)

INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.			PÁGINA:	11 de 28

Ahora, deberemos calcular previamente la velocidad angular  $\omega_r$  en la rotación; para ello en este caso redondeamos a tomar un ciclo de rotación como de 24 horas, por lo tanto:

$$\begin{array}{l} 24 \text{ horas} \quad 360^\circ \quad 2\pi \\ 86400 \text{ seg} \quad \quad \quad 2\pi \end{array}$$

$$\text{De lo que conseguimos que la velocidad angular: } \omega_r \cong 7,2722 \cdot 10^{-5} \frac{r}{s}$$

Una vez obtenida esta velocidad angular, procedemos a calcular la aceleración centrípeta de la rotación de la Tierra sobre su eje.

Para ello tomamos el Radio Medio Terrestre, lo consideramos  $r = 6.371 \text{ km} = 6.371.000 \text{ m}$

$$Ac_r = \omega_r^2 \cdot r \cdot \cos(34,59^\circ)$$

$$Ac_r = (7,2722 \cdot 10^{-5} \text{ r/s})^2 \cdot 6371000 \text{ m} \cdot 0,8232$$

$$Ac_r \cong 0,02773 \frac{m}{s^2}$$

Una vez obtenida esta aceleración centrípeta, procedemos a calcular la componente perpendicular a la dirección  $\vec{g}$  de la aceleración:

$$Ac_{rx} \cong 0,02773 \frac{m}{s^2} \cdot \sin(55,41^\circ)$$

$$Ac_{rx} \cong 0,02773 \frac{m}{s^2} \cdot 0,8232$$

$$Ac_{rx} \cong 0,0228 \frac{m}{s^2} \cong 2,3 \frac{cm}{s^2}$$

Se podría detectar esta aceleración. Y ésta debido a la rotación terrestre, y que no cambia el lugar de la experiencia ya que el péndulo está posicionado en el mismo lugar, es constante.

Por lo tanto, para nuestra experiencia la consideramos constante, que es la que nos dejará el péndulo en posición de equilibrio siempre (*ejemplo de la fig. 5*). *Por lo tanto, será nuestra posición de equilibrio INICIAL la cual cuando se le sume o reste la aceleración por traslación, el péndulo deberá tener un desplazamiento respecto a este punto.*

		INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	VºBº
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	12 de 28

## 7.2 Traslación terrestre

Utilizaremos el cálculo de la aceleración centrípeta en este caso como:

$$Ac_t = \omega_t^2 \cdot r^{16}$$

Ahora, deberemos calcular previamente la velocidad angular  $\omega_t$  en la traslación; para ello en este caso redondeamos a tomar un ciclo de traslación como de 365 días, por lo tanto:

$$\frac{365 \text{ días} \times 24 \text{ horas}}{365 \text{ días} \times 86400 \text{ seg}} = \frac{360^\circ}{2\pi}$$

De lo que conseguimos que la velocidad angular:  $\omega_t \cong 1,992 \cdot 10^{-7} \frac{r}{s}$

Una vez obtenida esta velocidad angular, procedemos a calcular la aceleración centrípeta de la traslación de la Tierra alrededor del sol, para ello tomamos la distancia de la Tierra al Sol, obtenido de fuentes oficiales, donde  $r = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$  (lo llamaremos radio promedio de la órbita, ver fig. 7 siguiente fuera de escala)

Y entonces, finalmente:

$$\begin{aligned} Ac_t &= \omega_t^2 \cdot r \\ Ac_t &= (1,992 \cdot 10^{-7} \text{ r/s})^2 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m} \\ Ac_t &= 0,0059 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cong 0,006 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

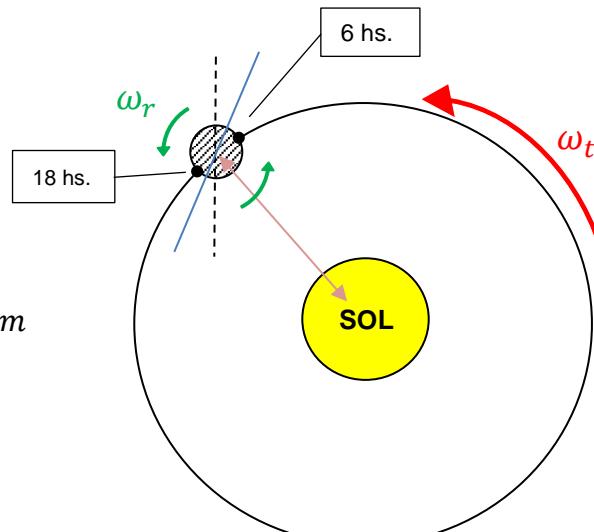


Fig. 7

Tomamos el modelo “simplificado” de la órbita terrestre alrededor del sol con un radio promedio, aproximándolo a una órbita circular, ya que la física se basa en modelos que se aproximan a la realidad que nos permiten hacer cálculos y predicciones. Más adelante veremos que el error es menor al 2% (excentricidad de la órbita), y eso en el cálculo final de desplazamiento es una magnitud despreciable<sup>17</sup>

<sup>16</sup> YOUNG, HUGH D. y ROGER A. FREEDMAN (2009) *Física Universitaria volumen 1*, Decimosegunda edición, México: PEARSON EDUCACIÓN (pág. 268)

<sup>17</sup> Ver análisis de error órbita terrestre (pág. 18)

		INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	VºBº
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFLAT, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	13 de 28

Planteando el movimiento (oscilación del péndulo) situado en el hemisferio sur (Argentina), en descomposición de estas fuerzas, encontramos que la variación entre el día y la noche, debe desplazar el péndulo hacia dirección Norte y luego hacia el Sur.



Fig. 8

“Como el péndulo planteado se encuentra en un sistema de tres dimensiones, y considerando que la sumatoria de estas fuerzas va a variar según la época del año y rotación terrestre, entendemos que, en el corto tiempo de la realización de la experiencia, no afectará a la medición, ya que se analiza la experimentación en períodos de 12 horas aislados, mas calculamos puntualmente la aceleración para el punto del Equinoccio y del Solsticio”

### 7.2.1 Proyecciones de la aceleración centrípeta en el solsticio

Calculamos las proyecciones de aceleración centrípeta sobre el plano de desplazamiento (llamaremos dirección X) (**Sentido al Sur**) para la medianoche (00 hs.):

$$Ac_{tx} = 0,0059 \frac{m}{s^2} \cdot \cos(31,91^\circ) = 0,0050 \frac{m}{s^2} = \mathbf{0,50 \frac{cm}{s^2}}$$

Calculamos las proyecciones de aceleración centrípeta sobre el plano de desplazamiento (llamaremos dirección X) (**Sentido al Norte**) para el mediodía (12 hs.):

$$Ac_{tx} = 0,0059 \frac{m}{s^2} \cdot \sin(11,09^\circ) = 0,0011 \frac{m}{s^2} = \mathbf{0,11 \frac{cm}{s^2}}$$

	INFORME TÉCNICO			LE PENDULE IMMOBILE		
	Código del Doc.:	INF.04.08.LPI				
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	V°B°
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFLAT, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	14 de 28

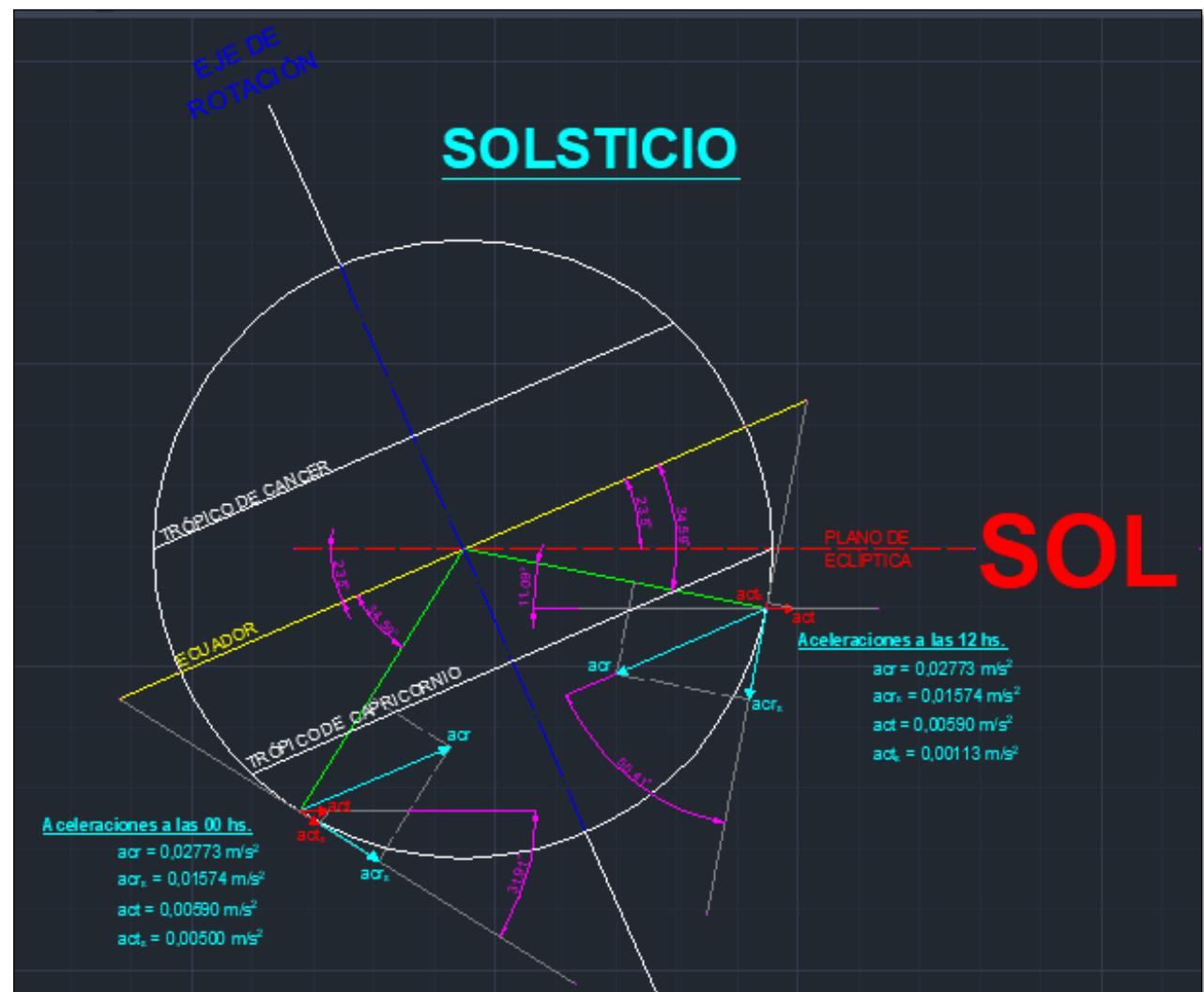


Fig. 9

### 7.2.2 Proyecciones de la aceleración centrípeta en el equinoccio

Calculamos las proyecciones de aceleración centrípeta sobre el plano de desplazamiento (llamaremos dirección X) (**Sentido al Sur**) para la medianoche (00 hs.):

$$Ac_{tx} = 0,0059 \frac{m}{s^2} \cdot \sin(34,59^\circ) = 0,00334 \frac{m}{s^2} = \mathbf{0,334 \frac{cm}{s^2}}$$

Calculamos las proyecciones de aceleración centrípeta sobre el plano de desplazamiento (llamaremos dirección X) (**Sentido al Norte**) para el mediodía (12 hs.):

$$Ac_{tx} = 0,0059 \frac{m}{s^2} \cdot \sin(34,59^\circ) = 0,00334 \frac{m}{s^2} = \mathbf{0,334 \frac{cm}{s^2}}$$

		INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	VºBº
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFLAT, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	15 de 28

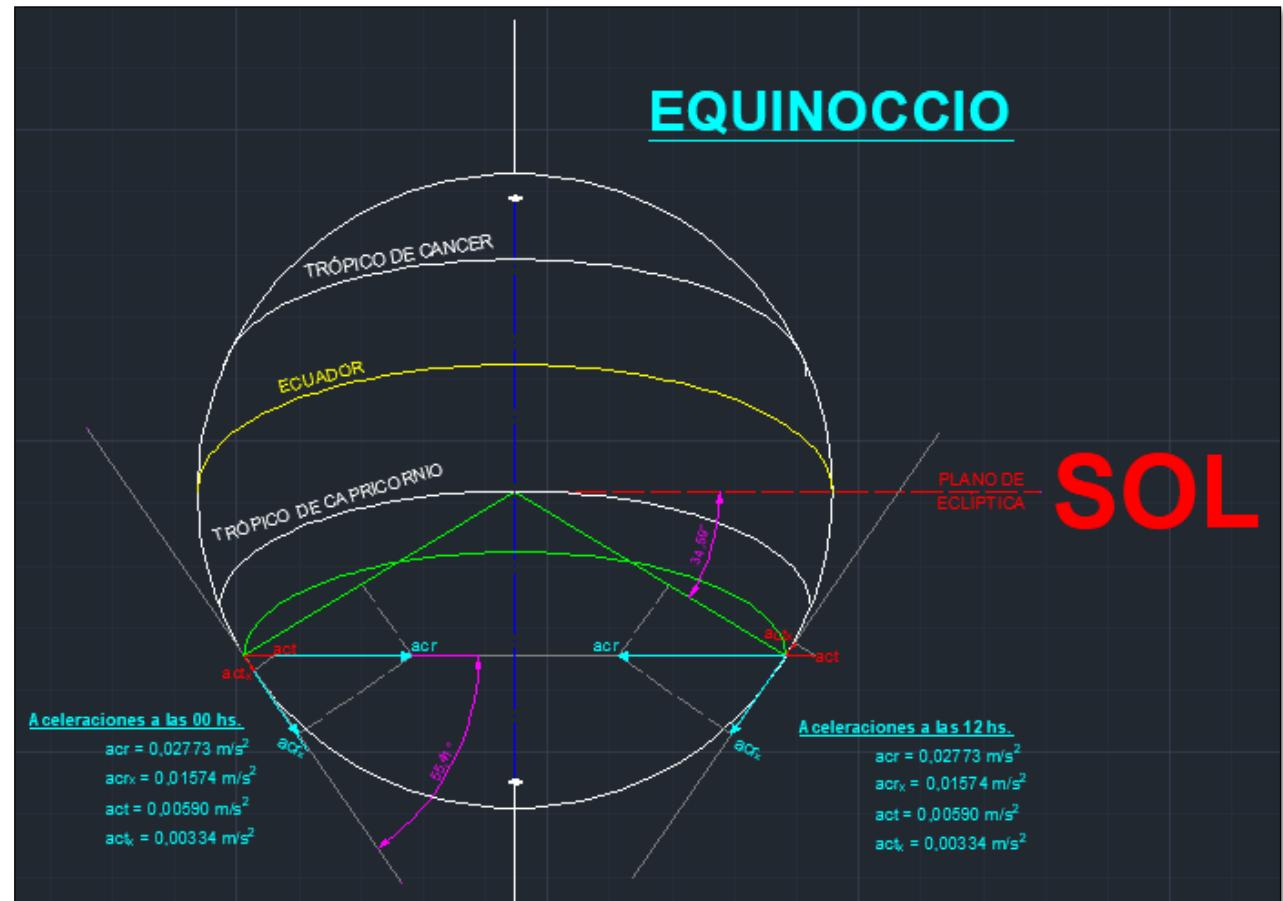


Fig. 10

## 7.2 Desplazamiento del péndulo

Y ahora sí, el objetivo es que con las proyecciones de esta aceleración podamos calcular cuánto se debería desplazar el péndulo.

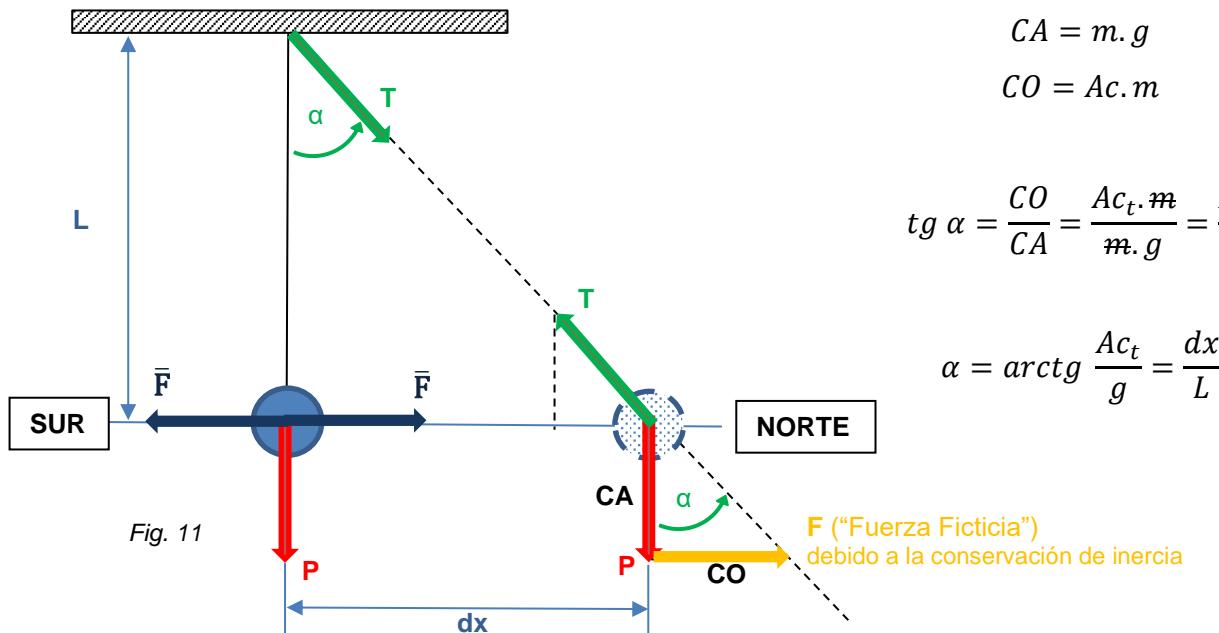
A partir de ahora calculamos la fuerza que se ejercerá sobre el péndulo debido a esta aceleración:

$$\sum \bar{F} = m \cdot \bar{a}$$

Teniendo ya calculada en forma aproximada la aceleración, aquí planteamos un equilibrio de fuerzas, por lo que partimos de:

$$\sum \bar{F} = 0$$

		INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	VºBº
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFLAT, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	16 de 28



Donde:  $dx$  = Desplazamiento del péndulo

$L$  = Longitud del péndulo

De la figura detallada, despejamos el desplazamiento que deberá tener el péndulo entre el día y la noche, producto de la aceleración ejercida sobre el mismo, independientemente de la masa que éste posea.

Finalmente, podemos obtener el desplazamiento que debe tener el péndulo, en función de la longitud del mismo:

$$dx = \frac{Ac}{g} \cdot L$$

		INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	VºBº
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFLAT, cualquier cambio en la operatoria.						PÁGINA: 17 de 28

## 8) Análisis de errores

Teniendo en cuenta los errores en las mediciones, y los datos utilizados, plantearemos los cálculos y visualizaremos cual es el error, para concluir cuál es el impacto del error en la experiencia.

Tomaremos como periodos de traslación y rotación terrestre<sup>18</sup>: Año Sideral: 365,25 días  
Dia: 23h 56m 4s

Como la distancia de la Tierra al Sol va a depender de la época en el año que nos encontremos, en vez de tomar una distancia promedio, utilizaremos las distancias durante el Afelio y Perihelio<sup>19</sup>:

$$152098290 \text{ Km} - 147098290 \text{ Km} = 5.10^6 \text{ Km}$$

Por lo tanto, tendremos que el radio entre La Tierra<sup>20</sup> y el Sol es:

$$r_t = 149597870,691 \text{ Km} \pm 25000000 \text{ Km} \quad \Delta\% = 1,671 \text{ (Que es la excentricidad de la órbita terrestre)}$$

Por lo que podemos considerar como  $r_t = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ Km} \pm 2\%$

Ahora, deberemos calcular nuevamente la velocidad angular  $\omega_t$  en la traslación con el error:

$$\frac{365,25 \text{ días} \times 23h 56m 4s}{31471401 \text{ seg}} \frac{360^\circ}{2\pi}$$

De lo que conseguimos que la velocidad angular:  $\omega_t = 1,99647 \cdot 10^{-7} \frac{r}{s}$

Mostrándolo con el error, podemos indicarla como:  $\omega_t = 2 \cdot 10^{-7} \frac{r}{s} \pm 0,01 \cdot 10^{-7} \frac{r}{s}$

Procedemos a calcular el error de la Aceleración Centrípeta:

$$Ac_t = \omega_t^2 \cdot r$$

$$Ac_t = \left( 2 \cdot 10^{-7} \frac{r}{s} \pm 0,01 \cdot 10^{-7} \frac{r}{s} \right)^2 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} m \pm 0,03 \cdot 10^{11} m$$

$$Ac_t = 6 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s^2} \pm 0,18 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s^2}$$

<sup>18</sup> NAUTICAL ALMANAC OFFICE US (2019) The Astronomical Almanac for the year 2019 (pág. 1)

<sup>19</sup> ISAÍAS ROJAS PEÑA (2013) *Astronomía Elemental*, Volumen 1: Astronomía Básica (pág. 63)

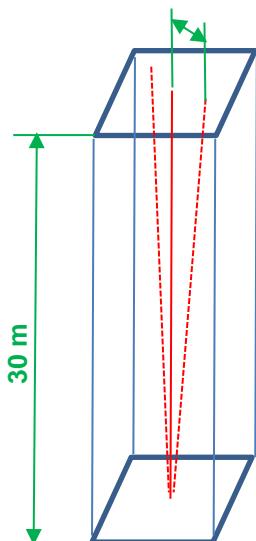
<sup>20</sup> D.W. KURTZ (2004) *Transit of Venus: New Views of the Solar System and Galaxy*, International Astronomical Union, Cambridge University Press (pág. 167)

 <b>ArFLAT</b> EXPERIMENTACIÓN CIENTÍFICA		INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI	GRUPO ARFLAT	VºBº	
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:		
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	18 de 28

### 8.1) Cálculo del error de desplazamiento en el solsticio

Tendremos en cuenta el error de lectura por mal posicionamiento del distanciómetro laser (medición realizada con el promedio de 10 mediciones y posiciones del distanciómetro)

Como el habitáculo (área del ducto) es aproximadamente de 30 x 30 cm, teniendo en cuenta el desplazamiento por la mala posición del distanciómetro, consideraremos el error del instrumento más el error de toma de lectura:



$$3,3 \cdot 10^{-3} \text{ m} \pm 1 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Error de lectura + error de instrumento

$$dx_{medianocche} = \frac{Ac_t}{g} \cdot L$$

$$dx_{medianocche} = \frac{5,0 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \pm 0,16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \pm 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot 30 \text{ m} \pm 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$dx_{medianocche} = 1,529 \cdot 10^{-2} \text{ m} \pm 0,066 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 15,29 \text{ mm} \pm 0,66 \text{ mm}$$

$$dx_{mediodía} = \frac{Ac_t}{g} \cdot L$$

$$dx_{mediodía} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \pm 0,16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \pm 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot 30 \text{ m} \pm 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$dx_{mediodía} = 0,336 \cdot 10^{-2} \text{ m} \pm 0,066 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 3,36 \text{ mm} \pm 0,66 \text{ mm}$$

Podemos visualizar que el error es despreciable frente al valor del desplazamiento.

 ArFLAT		INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	VºBº
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFLAT, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	19 de 28

## 8.2) Cálculo del desplazamiento en el equinoccio

Calculamos solamente en un sentido, ya que por lo que hemos visto, desde el punto central debería desplazarse en igual magnitud para ambos sentidos.

$$dx = \frac{Ac_t}{g} \cdot L$$

$$dx = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s^2} \pm 0,16 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s^2}}{9,81 \frac{m}{s^2} \pm 0,1 \frac{m}{s^2}} \cdot 30 \text{ m} \pm 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$dx = 1,021 \cdot 10^{-2} \text{ m} \pm 0,066 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 10,21 \text{ mm} \pm 0,66 \text{ mm}$$

Podemos visualizar que el error es despreciable frente al valor del desplazamiento.

De lo observado durante las experiencias, la amplitud de la vibración que se observa de la masa colgante queda contenida dentro de los 2 mm respecto al centro patrón (observado con detalle por las cámaras de alta definición dispuestas durante los timelapses), por lo tanto, a pesar de tener una grilla milimétrica en la base impresa de contrastación, con escalas divisorias de 1 mm, este error por vibración estará presente.

Se detalla que, con el nivel de calidad de las cámaras, se puede observar la ubicación de la punta de la aquja con una exactitud por debajo del milímetro.

## 9) Experiencias con el péndulo

Para las experiencias se ha construido una masa cónica de concreto, a la cual se le ha implementado un herraje para poder colgar a ésta desde una cuerda a modo de masa oscilante.

Hemos concurrido a un edificio sito en la localidad de Villa del Parque el 9 de noviembre de 2019, el cual posee 10 pisos y utilizamos el viejo ducto del incinerador. Hemos ido a la terraza, sellamos la chimenea y colocamos todo el dispositivo para colgar el péndulo centrado y con las menores perturbaciones posibles.

Longitud de la cuerda hasta el extremo del péndulo: **30 m  $\pm$  0,001 m** (medido con distanciómetro laser)

Peso del péndulo: **27,4 Kg  $\pm$  0,1 kg** (pesado con balanza electrónica)

Aceleración de la gravedad en Buenos Aires para esa fecha: **9,81 m/s<sup>2</sup>  $\pm$  0,1 m/s<sup>2</sup>**

Para la lectura del desplazamiento, se utilizó una grilla milimétrica la cual se orientó con los puntos cardinales, y se instalaron dispositivos de videograbación para la realización de timelapses durante 12 hs. (ver Fig. 3).

Calculamos los desplazamientos tomando los estadios de Solsticio y Equinoccio, que son posiciones interesantes para evaluar cuanto debería desplazarse la masa durante esas 12 (doce) horas entre el mediodía y medianoche.

### 9.1) Cálculo del desplazamiento para la medianoche en el Solsticio

$$dx = \frac{Ac_t}{g} \cdot L$$

$$dx = \frac{5,0 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s^2}}{9,81 \frac{m}{s^2}} \cdot 30 m$$

$$dx \cong 1,53 cm = 15,3 mm$$

### 9.2) Cálculo del desplazamiento para el mediodía en el Solsticio

$$dx = \frac{Ac_t}{g} \cdot L$$

$$dx = \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s^2}}{9,81 \frac{m}{s^2}} \cdot 30 m$$

$$dx \cong 0,33 cm = 3,3 mm$$

Por lo tanto, en el solsticio el péndulo deberá manifestar una amplitud de oscilación completa entre las 12 hs del mediodía y las 00 hs de aproximadamente **18,6 mm**.

		INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	V°B°
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFLAT, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	21 de 28

Entonces, a la hora de realizar la experiencia, lo que nos debería marcar la aguja indicadora en el **solsticio** entre las 00 hs. y las 12 hs., es un desplazamiento entre los extremos de su amplitud de aproximadamente **18,6 mm**

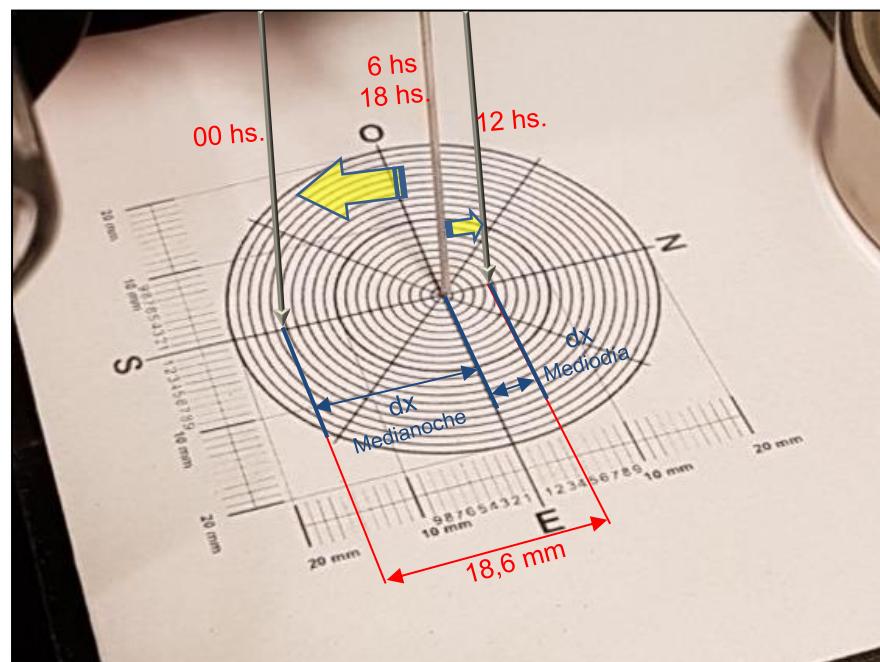


Fig. 13

### 9.3) Cálculo del desplazamiento para la medianoche en el Equinoccio

$$dx = \frac{Ac_t}{g} \cdot L$$

$$dx = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s^2}}{9,81 \frac{m}{s^2}} \cdot 30 \text{ m}$$

$$dx \cong 1,021 \text{ cm} = 10,2 \text{ mm}$$

#### 9.4) Cálculo del desplazamiento para el mediodía en el Equinoccio

$$dx = \frac{Ac_t}{q} \cdot L$$

$$dx = \frac{3,34 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s^2}}{9,81 \frac{m}{s^2}} \cdot 30 \text{ m}$$

$$dx \equiv 1.021 \, cm \equiv 10.2 \, mm$$

Por lo tanto, en el equinoccio el péndulo deberá manifestar una amplitud de oscilación completa entre las 12 hs del mediodía y las 00 hs de aproximadamente **20,4 mm**.

Y lo que nos debería marcar la aguja indicadora en el **equinoccio** entre las 00 hs. y las 12 hs., es un desplazamiento entre los extremos de su amplitud de aproximadamente **20,4 mm**

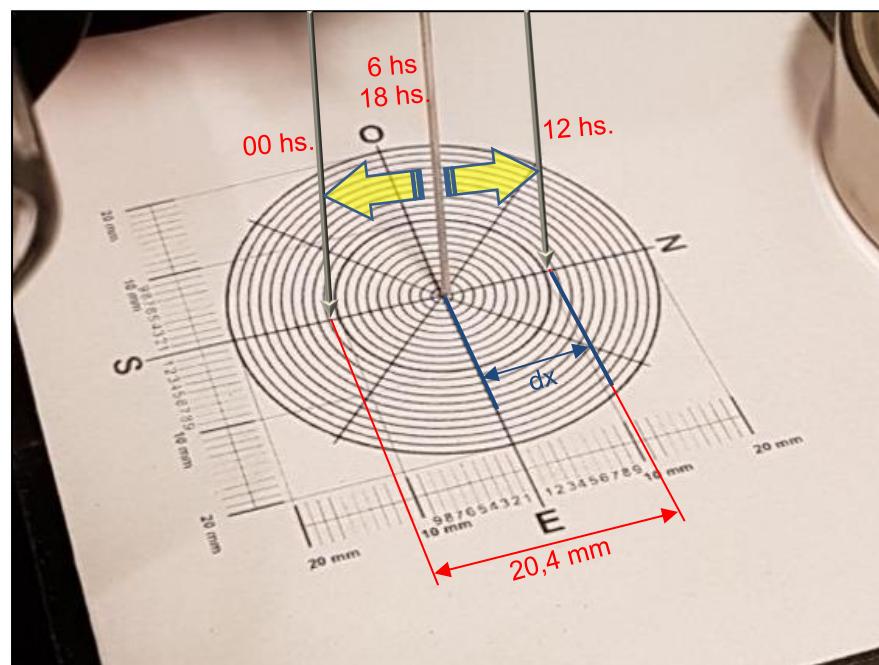


Fig. 14

		INFORME TÉCNICO			LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI				
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	V°B°	
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.						PÁGINA:	23 de 28

## 10) Resultados de las experiencias con el péndulo

Luego de recolectar todas las videogramas de las diferentes cámaras dispuestas se realizó la compaginación y edición para juntar todos los puntos de vista de las cámaras de manera sincronizada.

De la visualización de todos los videos y fotografías, podemos evidenciar que la aguja indicadora del péndulo ha manifestado vibraciones (inferimos que, por producto de la vibración del edificio, uso del ascensor, vientos sobre la estructura exterior del edificio, etc.), que las tuvimos en cuenta a la hora de realizar repetidamente las experiencias, y son muy difíciles de aislar para nosotros dado el lugar donde podemos colgar el péndulo; **mas no podemos evidenciar un desplazamiento notable por fuera del punto inicial de la aguja**, seteado a las 18 hs. (hora local) en el centro de la grilla para tener como patrón.

Las experiencias fueron realizadas siempre en la misma ubicación geográfica, utilizando los mismos elementos. La hemos repetido, el 17 de noviembre de 2019, llegando al mismo resultado.

Si el péndulo se hubiese desplazado, estas vibraciones seguirían estando, pero alrededor del punto central de la nueva posición desplazada, **suceso que no ocurrió en ninguna de las repeticiones de la experiencia.**

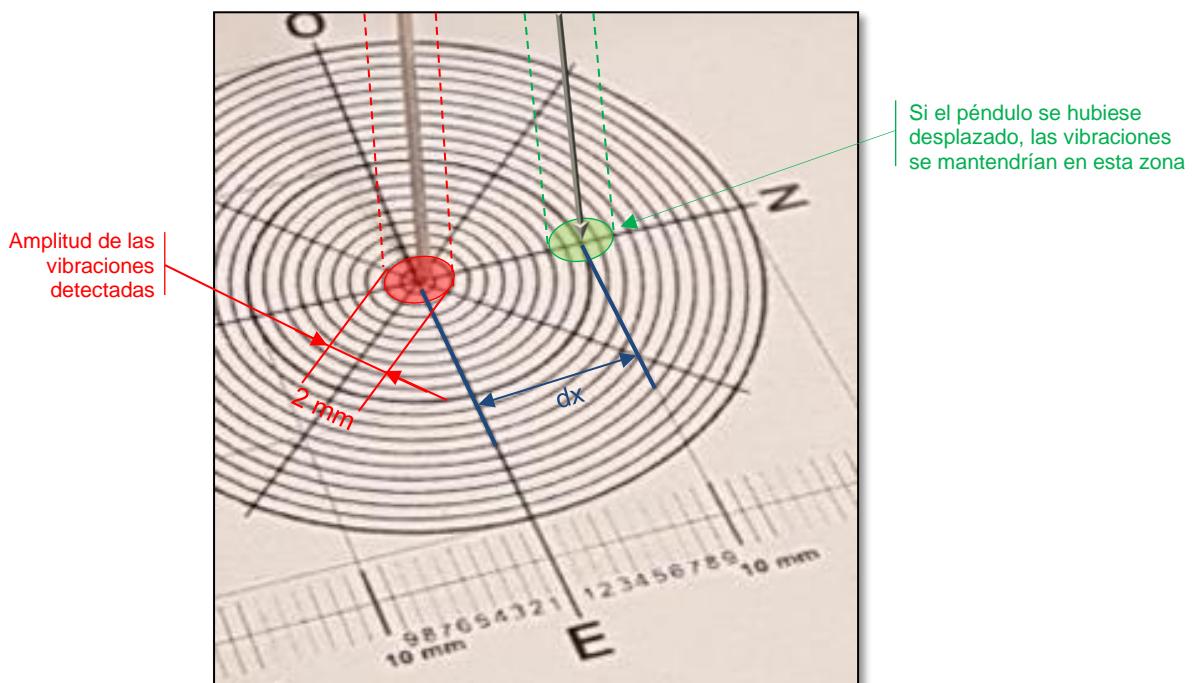


Fig. 15

INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
Código del Doc.:		INF.04.08.LPI		
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.			PÁGINA:	24 de 28

A continuación, imágenes del último resultado de la experiencia, mostrando luego de repetir varias veces la misma, en intervalos de diferentes días:

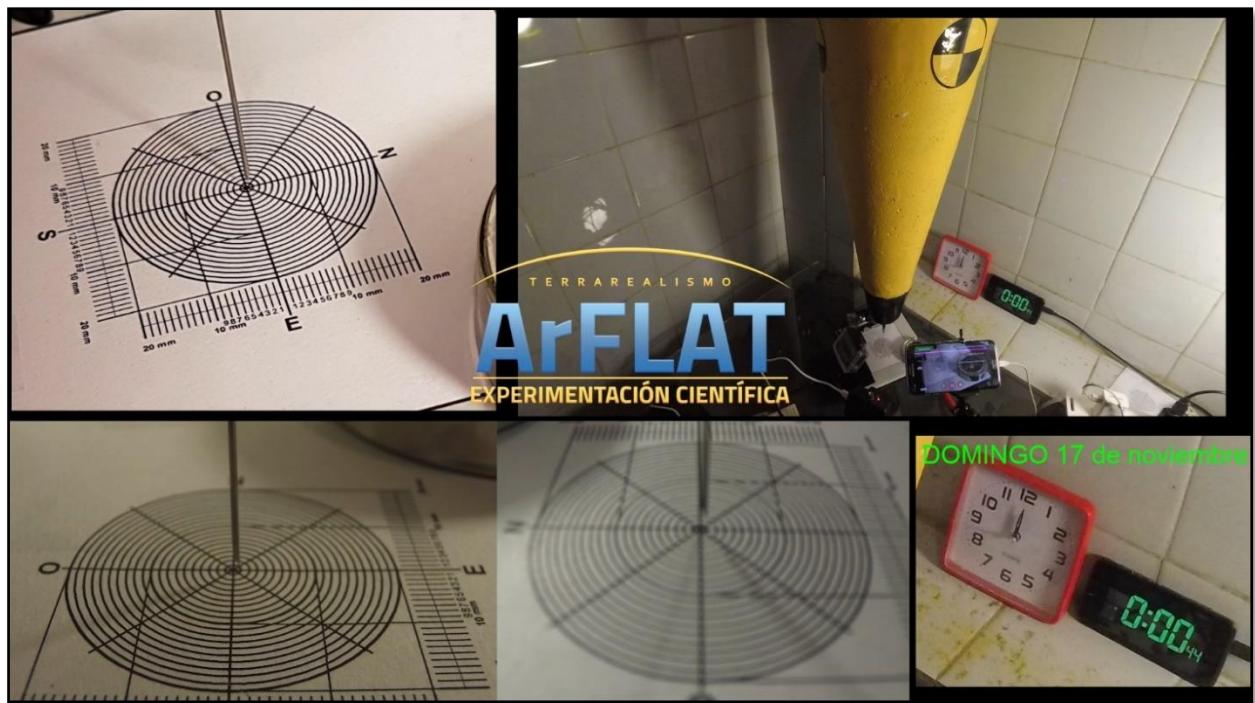


Fig. 16

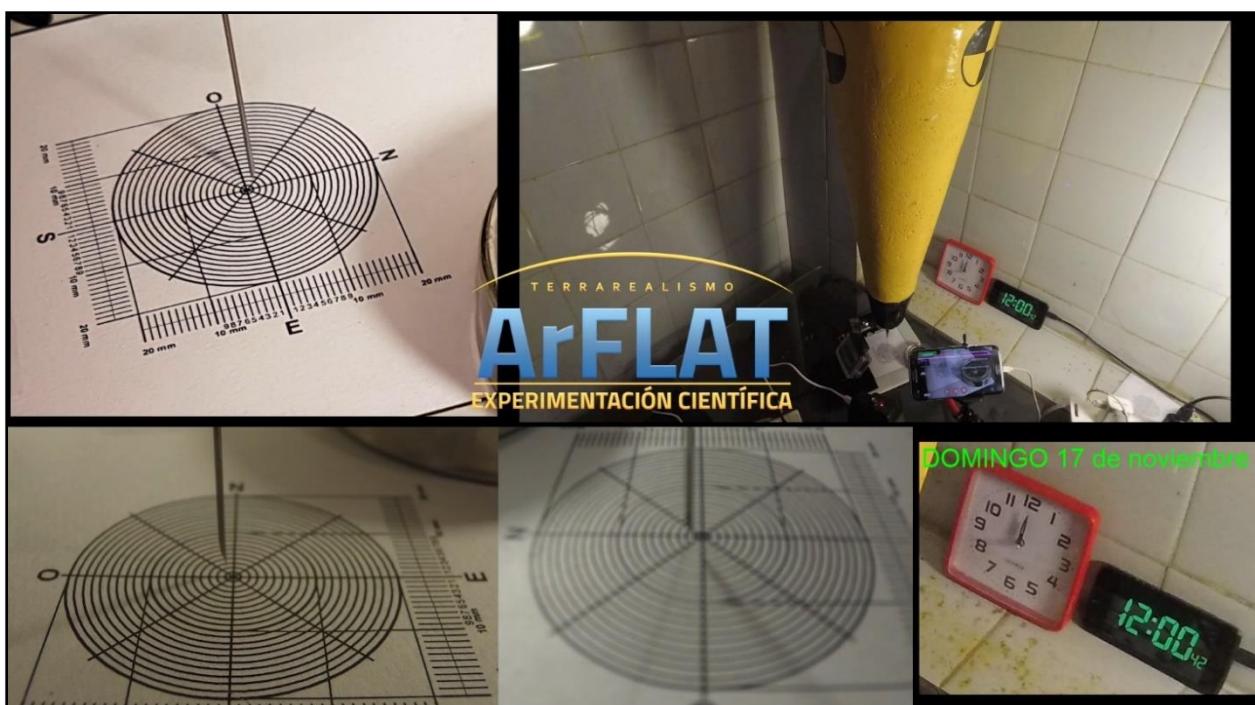


Fig. 17

		INFORME TÉCNICO		LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	V°B°
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.						PÁGINA: 25 de 28

## **11) Conclusiones**

De acuerdo a las experiencias realizadas, con los cálculos fundamentados a partir de la hipótesis inicial, encontramos que, según la matemática y la física, la masa debería haberse desplazado dentro de una magnitud mensurable, **pero en la práctica no se observó dicho desplazamiento, por lo que la hipótesis es falsa.**

**Si la tierra realiza un movimiento de rotación y traslación el péndulo debería haber oscilado según las leyes de Newton consideradas válidas, por lo tanto, como el péndulo no osciló, la tierra no realiza el movimiento de rotación y traslación descripto en la hipótesis.**

		INFORME TÉCNICO			LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:		INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	VºBº	
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.						PÁGINA:	26 de 28

## Participantes y agradecimientos

Las experiencias realizadas para poder concluir explícitamente en este informe han sido posible gracias al compromiso de los participantes de la Agrupación ArFlat, por la entrega, dedicación y aporte de su tiempo, en el que colaboran para que todos los seres humanos realicemos el ejercicio de dudar y discernir.

Para esta experiencia nos hemos dividido algunas tareas particulares:

Idea original y cálculo:	Pablo (Profe de física)
Construcción y armado del Péndulo:	Marcelo Seralvo
Logística y preparación edificio:	Sebastián Martins
Documentación, CAD, grabación experiencia y análisis de video:	Alejandro Tarsia
Redacción literaria y correcciones textuales:	Andrés Ferrante
Diseño de arte Placa redes sociales:	Walter Parada
Locución para los videos y anuncios:	Leonardo Mesa
Adquisición de materiales, buenas vibras, buenas charlas y tiempo:	Grupo ArFlat

		INFORME TÉCNICO			LE PENDULE IMMOBILE		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI				
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT		V°B°
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	27 de 28	

## Bibliografía

D.W. KURTZ (2004)

*Transit of Venus: New Views of the Solar System and Galaxy*  
International Astronomical Union, Cambridge University Press

ISAÍAS ROJAS PEÑA (2013)

*Astronomía Elemental, Volumen 1: Astronomía Básica*  
Primera edición, Editorial USM

JUAN JOSE DE ORUS NAVARRO, M. ASUNCIÓN CATALÁ POCH, JORGE NÚÑEZ DE MURGA (2007)

*Astronomía esférica y mecánica celeste*  
Universitat de Barcelona

FREDERICK J. BUECHE, EUGENE HECHT (2007)

*Física General Schaum*  
Décima edición, México: McGraw-Hill / Interamericana

MARCELO ALONSO y EDWARD J. FINN (1995)

*Física*  
Wilmington, Delaware, Estados Unidos de América: Addison-Wesley Iberoamericana

NAUTICAL ALMANAC OFFICE US (2019)

*The Astronomical Almanac for the year 2019*  
U.S. Government Publishing Office

ROBERT RESNICK, DAVID HALLIDAY, KEMNETH S. KRANE (2001)

*Física Vol. 1*  
Cuarta edición (tercera en español), México: Compañía Editorial Continental

WILLIAM F. RILEY; LEROY D. STURGES (1996)

*Ingiería mecánica: Estática,*  
Reverte

YOUNG, HUGH D. y ROGER A. FREEDMAN (2009)

*Física Universitaria volumen 1.*  
Decimosegunda edición, México: PEARSON EDUCACIÓN

--- FIN DEL DOCUMENTO ---

 <b>ArFlat</b> EXPERIMENTACIÓN CIENTÍFICA		INFORME TÉCNICO		<b>LE PENDULE IMMOBILE</b>		
		Código del Doc.:	INF.04.08.LPI			
REVISIÓN:	08	VIGENCIA:	04/05/2020	EMITIDO POR:	GRUPO ARFLAT	VºBº
La Responsabilidad de cumplir y hacer cumplir el presente es de todos los responsables de la experimentación y divulgación quienes deberán comunicar a la dirección del Grupo de Experimentación ArFlat, cualquier cambio en la operatoria.					PÁGINA:	28 de 28