



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica
Superior d'Enginyeria
Informàtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica
Universitat Politècnica de València

**Arqueología informática:
diseño e implementación del Reloj
Calculante
de Wilhelm Schickard en Scratch**

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Informática

Autora: Katherine Alejandra Estrada Puente

Tutor: Xavier Molero Prieto

Curso 2015-2016

Resum

La invenció del rellotge calculant de Wilhelm Schickard es va produir en el segle XVII, fou la primera calculadora mecànica de la història malgrat que no va ser descoberta fins després de tres segles de la seua invenció, amb aquesta es poden realitzar les quatre operacions bàsiques de matemàtiques. Quan van ser trobades les cartes escrites per Schickard amb esbossos de la màquina, el professor Bruno von Freytag-Loringhoff va dissenyar la primera rèplica en aspecte i funcionament tenint en compte les anotacions del seu inventor trobades en les cartes mencionades.

En aquest treball es realitza un estudi de varis aspectes relacionats amb el rellotge calculant, així com també el desenvolupament d'un simulador del mateix en el llenguatge de programació visual Scratch. La pàgina web realitzada per a aquest projecte, allotjada en el portal d'El Museo de Informática de la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica de la Universitat Politècnica de València, conté el simulador realitzat i, ademés un video explicatiu sobre el funcionament del esmenat simulador amb un breu resum sobre l'estudi realitzat en aquest treball.

Paraules clau: calculadora mecànica, Wilhelm Schickard, simulador rellotge calculant, Scratch, difusió del patrimoni històric, història de la informàtica

Resumen

La invención del reloj calculante de Wilhelm Schickard se produjo en el siglo XVII, es la primera calculadora mecánica de la historia aunque no fue descubierta hasta después de tres siglos de su invención, con ella se pueden realizar las cuatro operaciones matemáticas básicas. Cuando fueron encontradas las cartas escritas por Schickard con bocetos de la máquina, el profesor Bruno von Freytag-Löringhoff diseñó la primera réplica en aspecto y funcionamiento tomando en cuenta las anotaciones de su inventor halladas en las cartas mencionadas.

En el presente trabajo se realiza un estudio de varios aspectos relacionados con el reloj calculante, así como también el desarrollo de un simulador del mismo en el lenguaje de programación visual Scratch. La página web realizada para este proyecto alojada en el portal de *El Museo de Informática de la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica de la Universitat Politècnica de València* contiene el simulador realizado, un vídeo explicativo sobre el funcionamiento de dicho simulador además de un breve resumen sobre el estudio realizado en este trabajo.

Palabras clave: calculadora mecánica, simulador reloj calculante, Scratch, Wilhelm Schickard, difusión del patrimonio histórico, historia de la informática

Abstract

The invention of the calculative clock took place in the 17th century, it is the first mechanical calculator eventhough it was not discovered until three centuries after its invention, the four basic operations are able to be done with it. When the letters wrote by Schickard were found with scketchs of the machine, then the

professor Bruno von Freytag-Löringhoff designed the first replica, it was made alike in aspect and how it was supposed to work taking into account all the notes left by its inventor in the mentioned letters.

This paper makes an exhausting study of some of the aspects related to the calculative clock, as well as the development of a simulator of it using the visual programming language Scratch. The web page done for this current work is hosted in the *Museo de Informàtica de la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica de la Universitat Politècnica de València* portal web and it contains the developed simulator, a demonstrative video of how it works and also a brief summary of the researches done for this work.

Key words: calculative clock, Wilhelm Schickard, calculative clock simulator, computing heritage, history of computing

Índice general

| | |
|--------------------------|-----|
| Índice general | V |
| Índice de figuras | VII |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introducción | 1 |
| 1.1 | Motivación | 1 |
| 1.2 | Objetivos | 2 |
| 1.3 | Estructura de la memoria | 2 |
| 1.4 | Notas sobre la bibliografía | 3 |
| 1.5 | Agradecimientos | 4 |
| 2 | Contexto Histórico | 5 |
| 2.1 | Las primeras calculadoras | 5 |
| 2.1.1 | Las manos | 5 |
| 2.1.2 | El ábaco | 6 |
| 2.1.3 | Las varillas de Napier | 9 |
| 2.1.4 | La pascalina | 10 |
| 2.1.5 | La máquina de Leibniz | 12 |
| 2.2 | La sociedad del siglo diecisiete | 14 |
| 2.3 | El inventor del reloj calculante | 17 |
| 2.3.1 | Leonardo da Vinci | 23 |
| 2.3.2 | John Napier | 24 |
| 2.3.3 | Johannes Kepler | 25 |
| 2.3.4 | Bruno von Freytag-Löringhoff | 25 |
| 2.4 | Descubrimiento de los bocetos de Schickard | 26 |
| 2.5 | La réplica del reloj calculante | 29 |
| 2.6 | Problemas en la construcción de la réplica | 30 |
| 3 | Mecanismo y funcionamiento del reloj calculante | 33 |
| 3.1 | Dispositivo de multiplicación | 34 |
| 3.2 | Sumador | 35 |
| 3.3 | Mecanismo de grabación de resultados intermedios | 36 |
| 3.4 | La suma | 36 |
| 3.5 | La resta | 36 |
| 3.6 | La multiplicación | 37 |
| 3.7 | La división | 39 |
| 3.8 | Mecanismo de acarreo | 41 |
| 4 | Diseño e implementación del simulador del reloj calculante en Scratch | 45 |
| 4.1 | Programación en Scratch | 45 |
| 4.1.1 | Interfaz de Scratch | 46 |
| 4.1.2 | Menú de bloques | 47 |
| 4.1.3 | Escenarios y Objetos de Scratch | 49 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.1.4 | Eventos en Scratch | 49 |
| 4.1.5 | Disfraces | 50 |
| 4.2 | Aspecto Gráfico | 51 |
| 4.3 | Objetos con funcionalidad | 53 |
| 4.3.1 | Perillas superiores | 54 |
| 4.3.2 | Paletas laterales | 54 |
| 4.3.3 | Perillas del sumador | 54 |
| 4.3.4 | Perillas del grabador de resultados | 55 |
| 4.3.5 | Botón de reset | 56 |
| 4.4 | Programación de operaciones | 56 |
| 4.5 | Descripción del funcionamiento del simulador | 59 |
| 5 | Material Didáctico | 63 |
| 5.1 | Estructura de la página web | 63 |
| 6 | Conclusiones | 67 |
| 6.1 | Trabajo futuro | 68 |
| | Bibliografía | 69 |

Índice de figuras

| | | |
|------|--|----|
| 1.1 | Simulador de las varillas de Napier | 4 |
| 2.1 | La primera calculadora, las manos | 6 |
| 2.2 | Guijarros | 7 |
| 2.3 | Ábaco sumerio. Fuente: [5] | 8 |
| 2.4 | Ábacos (I) | 8 |
| 2.5 | Ábacos (II) | 9 |
| 2.6 | Ábacos (III) | 9 |
| 2.7 | Ejemplo de multiplicación con varillas de Napier | 11 |
| 2.8 | Retrato de Blaise Pascal | 12 |
| 2.9 | Pascalina | 12 |
| 2.10 | Retrato de Leibniz | 13 |
| 2.11 | Cilindro estriado | 13 |
| 2.12 | Réplica de la máquina de Leibniz | 14 |
| 2.13 | Copérnico y Galileo | 15 |
| 2.14 | Esquema resumen Siglo XVII | 16 |
| 2.15 | Retrato de Wilhelm Schickard | 18 |
| 2.16 | Ciudad de nacimiento de Schickard | 19 |
| 2.18 | Portada del libro Horologium de W.Schickard | 19 |
| 2.17 | Portada del libro de la Hebrae Rota de W.Schickard | 20 |
| 2.19 | Cálculo efemérides | 20 |
| 2.20 | Reconstrucción parcial del planetarium de Schickard | 21 |
| 2.21 | Página de Harmonices Mundi Libri V | 22 |
| 2.22 | Sello en memoria de Shickard | 23 |
| 2.23 | Retrato de Leonardo da Vinci | 23 |
| 2.24 | Dibujo máquina de sumar de L.Da Vinci | 24 |
| 2.25 | Retrato de John Napier | 24 |
| 2.26 | Retrato de Johannes Kepler | 25 |
| 2.27 | Réplica del reloj calculante y von Freytag | 26 |
| 2.28 | Carta de Schickard a Kepler escrita en Latín | 27 |
| 2.29 | Dibujo de las ruedas dentadas | 28 |
| 2.30 | Boceto del reloj calculante incluido en una carta enviada por Schickard a Kepler | 29 |
| 2.31 | Réplica del reloj calculante, Museo de la ciencia de Múnich | 30 |
| 2.32 | Réplica del reloj calculante, Museo de la ciencia de Múnich | 31 |
| 3.1 | Boceto explicativo del mecanismo de la máquina | 34 |
| 3.2 | Dispositivo de multiplicación | 35 |
| 3.3 | Dispositivo sumador | 35 |
| 3.4 | Dispositivo para grabar resultados intermedios | 36 |
| 3.5 | Ejemplo de suma | 37 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.6 | Ejemplo de resta | 38 |
| 3.7 | Ejemplo de multiplicación sencilla | 39 |
| 3.8 | Multiplicación de dos cifras | 40 |
| 3.9 | Ejemplo de división I | 41 |
| 3.10 | Ejemplo de división II | 42 |
| 3.11 | Movimiento de engranajes en resta | 43 |
| 3.12 | Mecanismo de acarreo | 43 |
| 3.13 | Acarreo en engranajes | 44 |
| | | |
| 4.1 | Logo Scratch | 46 |
| 4.2 | Interfaz de Scratch | 47 |
| 4.3 | Menú de bloques de Scratch | 48 |
| 4.4 | Escenarios y objetos de Scratch | 49 |
| 4.5 | Posibles eventos en Scratch | 50 |
| 4.6 | Posibles eventos en Scratch | 51 |
| 4.7 | Posibles eventos en Scratch | 51 |
| 4.8 | Adobe Illustrator logo | 52 |
| 4.9 | Aspecto del simulador en Scratch | 53 |
| 4.10 | Perillas superiores | 54 |
| 4.11 | Paletas laterales | 55 |
| 4.12 | Perillas sumador | 55 |
| 4.13 | Perillas grabador de resultados | 55 |
| 4.14 | Botón de reset | 56 |
| 4.15 | Bloque de programación para la suma | 57 |
| 4.16 | Bloque de programación para la resta | 58 |
| 4.17 | Bloque de programación de paletas laterales | 59 |
| 4.18 | Bloque de programación de perillas superiores | 60 |
| 4.19 | Pantalla de introducción al simulador | 61 |
| | | |
| 5.1 | Logo Museo de Informática | 63 |
| 5.2 | Página Web museo I | 64 |
| 5.3 | Página web museo II | 65 |

CAPÍTULO 1

Introducción

Las matemáticas han estado presentes en la vida de los seres humanos desde el inicio de los tiempos, de forma directa o indirecta, tanto es así que las utilizamos incluso en las más sencillas tareas cotidianas como por ejemplo ir de compras a un supermercado, pagar facturas de servicios básicos, entre muchas otras tareas relacionadas con la economía del hogar. Ocurre algo similar en la vida profesional, cualquier profesión involucra en mayor o menor parte algún cálculo matemático.

El presente trabajo final de grado pretende realizar un viaje a través del tiempo, donde la necesidad de facilitar los cálculos hizo que el ser humano empezara a inventar artilugios para cubrir dicha necesidad, empezando por los elementos este es el caso del reloj calculante de Wilhelm Schickard, que a pesar de que su existencia se diera a conocer trescientos años más tarde desde que su invención tuvo lugar, está considerado como el primer calculador mecánico de la historia precediendo incluso a la Pascalina inventada en 1642 por Blaise Pascal.

En este trabajo se realiza un estudio exhaustivo de aspectos sobre el reloj calculante tales como su funcionamiento, y se pretende hacer conocer dicho estudio mediante la implementación de un simulador de su comportamiento en el lenguaje de programación visual Scratch, así como también realizar una página web que contenga la información más relevante del estudio en esta página web se alojará también el simulador, de esta manera se encontrará disponible para aquellas personas que se encuentren interesadas en conocer más sobre el reloj calculante.

1.1 Motivación

Con el pasar del tiempo, avanza de forma vertiginosa también la velocidad en la que la tecnología se renueva, dejando solamente las herramientas más modernas al alcance de las nuevas generaciones es por ello que la brecha tecnológica cada vez se hace más grande entre las distintas generaciones, es importante saber de dónde venimos para saber hacia dónde nos dirigimos y ser capaces de apreciar el esfuerzo que ha implicado ese transitar.

El presente trabajo, enfocado en lo que se denomina Arqueología Informática, nace de la motivación de poder contribuir al inestimable labor de difusión que realiza *El Museo de Informática de la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica de la Universitat Politècnica de València* orientada para todas aquellas personas que se interesen en conocer el camino que ha tenido que ser recorrido en el mundo tecnológico para poder disfrutar en la actualidad de muchas de las ventajas que la tecnología, y más concretamente el mundo de la informática, nos aporta.

1.2 Objetivos

Con el presente trabajo se pretende conseguir los siguientes objetivos:

1. Estudiar y analizar en profundidad el contexto histórico en el que se produjo la invención del reloj calculante.
2. Conocer el impacto que implicó para el mundo científico este descubrimiento y para la sociedad en general de aquella época.
3. Analizar la estructura del reloj calculante conjuntamente con su mecanismo y funcionamiento.
4. Replicar de manera virtual el funcionamiento del reloj calculante utilizando el lenguaje de programación visual Scratch.
5. Difundir el estudio realizado mediante una página web accesible a través de la web del museo de informática.

1.3 Estructura de la memoria

El presente trabajo ha organizado en seis capítulos con los que se consigue cubrir los objetivos planteados. A continuación se detalla brevemente el contenido de cada uno de los capítulos contenidos en este trabajo:

1. **Capítulo 1:** Se detallan los objetivos planteados para la realización de este trabajo, cuales han sido la motivaciones para llevarlo a cabo, como está organizada la presente memoria y comentarios relacionados con la bibliografía utilizada para su realización.
2. **Capítulo 2:** En este capítulo se realiza un recorrido sobre las primeras herramientas utilizadas para el cálculo. Para situar la invención del reloj calculante se estudia la coyuntura de esa época, las dificultades de entonces para la ciencia relacionadas con la invención de la máquina. Se hará una breve reseña sobre la vida y las obras del inventor del reloj calculante así como también de personajes relacionados de una manera u ora a el.
3. **Capítulo 3:** Se analiza a fondo cómo funciona la máquina, su mecanismo interno de acarreo y como realiza cada una de las operaciones que es capaz de realizar conjuntamente con varios ejemplos utilizando el simulador ya desarrollado para hacer más comprensible la explicación.

4. **Capítulo 4:** Explicación sobre el proceso que ha tenido lugar para construir el simulador, se detalla de forma breve sobre los elementos que han sido útiles de Scratch para su desarrollo los objetos que tienen funcionalidad y como se han implementado las operaciones en Scratch.
5. **Capítulo 5:** En este capítulos se explica el desarrollo de la página web realizada para difundir este trabajo y el simulador desarrollado se manifiestan los motivos de algunas decisiones de diseño de la misma.
6. **Capítulo 6:** Finalmente en este capítulo se comprueba si los objetivos planteados inicialmente se han conseguido una vez finalizado el trabajo y se hace una pequeña propuesta de una mejora que puede ser realizada.

1.4 Notas sobre la bibliografía

Dada la antigüedad de la invención del reloj calculante, las referencias bibliográficas han sido escasas, algunas de las que se han encontrado están escritas en francés, alemán e incluso en latín por lo que se ha hecho mucho uso del traductor del motor de búsqueda web *Google* solventándose con los recursos web disponibles.

Se ha tenido la oportunidad de viajar al Museo de las Ciencias en la ciudad de Munich-Alemania donde se encuentra una de las réplicas del reloj calculante y se ha recabado información a través de las explicaciones detalladas de un miembro del personal del museo quien proporcionó información tanto sobre el aspecto histórico así como demostraciones del funcionamiento del reloj calculante.

Se pudo observar tanto la réplica que está visible para los visitantes como también realizar pruebas con la réplica funcional. En este museo se encuentran también varias calculadoras antiguas y en sí elementos relacionados con la historia de la informática

Se ha podido recrear el uso del simulador gracias al simulador en java existente creado por Frank Hanisch¹ también ha sido de gran ayuda dos vídeos en lo que se hacen una demostraciones de multiplicaciones² y divisiones³ con el simulador en java. El Museo de Informática de la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica tiene a disposición una muestra de las varillas de Napier, con ellas se han realizado pruebas para así conocer el funcionamiento de las mismas. Además se ha encontrado un simulador de las varillas de Napier, el simulador creado por el Doctor Michael Caulfield y Wayne Anderson de la universidad de Gannon⁴

¹<http://fhv.mdigiti.de/>

²https://www.youtube.com/watch?v=N_uiwO8IT5c

³<https://www.youtube.com/watch?v=dimxfcmkX10>

⁴<http://ww2.gannon.edu/cetl/napier/>

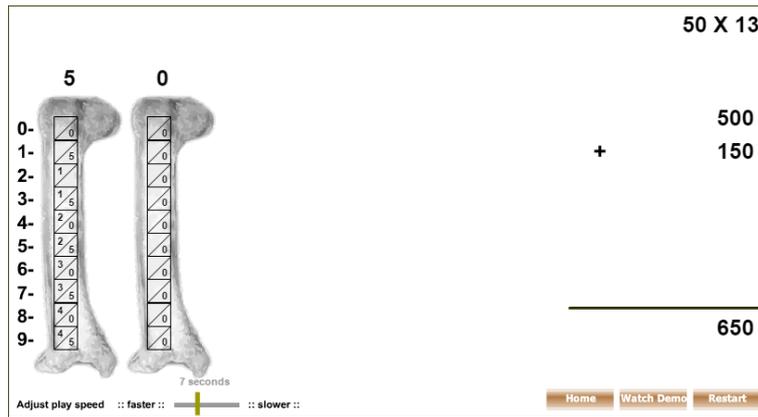


Figura 1.1: Simulador de las varillas de Napier

1.5 Agradecimientos

Agradecer y dedicar este trabajo a mi familia, muy especialmente a mi madre por todo el esfuerzo realizado durante toda su vida, para poder brindarme una buena educación, por ser un ejemplo de superación y trabajo diario. Gracias también a mi padre por sus consejos, su inagotable fe en mi y por inyectarme dosis de positivismo para alcanzar esta meta.

Mi infinito agradecimiento a mi esposo, amigo y compañero de vida quien se ha mantenido siempre a mi lado apoyándome, alentándome y siendo siempre tolerante en todo sentido y momento durante este largo camino.

Finalmente mis más sinceros agradecimientos al tutor de este trabajo, Doctor Xavier Molero Prieto, quien también ha sido mi profesor, por su paciencia, sus ganas de enseñar y transmitir sus conocimientos, por la total disponibilidad ofrecida durante la elaboración del presente y su buen saber guiar, para encausar este trabajo.

CAPÍTULO 2

Contexto Histórico

El presente capítulo tiene como propósito dar a conocer parte de la biografía del inventor del reloj calculante, el contexto histórico en el que se produjo su invención, así como también describir uno a uno los principales elementos que permiten el funcionamiento del reloj calculante y algunos puntos débiles existentes en su creación. Se realizará también un breve recorrido a través del tiempo en el que se explican algunas de las herramientas utilizadas para el cálculo en diferentes puntos de la historia entre las que encontramos una en particular que está directamente relacionada con la máquina de Schickard: Las varillas de Napier.

2.1 Las primeras calculadoras

La necesidad del hombre por calcular y la búsqueda de herramientas para que este proceso sea lo más sencillo posible, le llevó desde sus inicios ha utilizar su inteligencia que conjuntamente con su ingenio y creatividad le fueron útiles para conseguir su ansiado objetivo, comenzando por las más sencillas en las que se necesitaba su total intervención hasta llegar a aquellas en las que solamente necesitan de una pequeña interacción por parte de quién la utilice. Se detallan a continuación un breve resumen de algunas de estas herramientas.

2.1.1. Las manos

Esta es sin duda la calculadora más antigua de todos los tiempos, tanto es así que es muy probable que ya en la prehistoria se utilizara el conteo de los dedos como método de calculo, y hasta la época actual, podemos decir que todos hemos utilizado los dedos para contar.

Los dedos de las manos han sido utilizados de tres distintas formas para ayudar al ser humano en sus labores de cálculo. La primera de ellas, es la que todos conocemos de los primeros años de escuela, cuando aprendimos a contar con los dedos, así a cada uno de los dedos se le asigna un valor entero, y con ellos aprendimos la sucesión más elemental, la de contar de uno a diez, con lo dedos se pueden realizar también sumas o restas. La segunda forma implica una serie

de posiciones complejas de los dedos, esta segunda forma se utilizaba para representar los números en los casos de personas analfabetas que tenían la necesidad de poder expresarse de una forma u otra sobrepasando los inconvenientes de su condición. La tercera forma implicaba una función aritmética más directa, iba un paso más allá del sencillo conteo con los dedos a un sistema que sería más útil para multiplicaciones.

Como resultará obvio, este conteo en base diez era limitado ya que solo se podía calcular con los diez dedos a la vez. Con el fin de subsanar esta deficiencia los esquimales utilizaban el conteo en base veinte, el por qué, resulta trivial, en total una persona tiene veinte dedos por lo que en su terminología para referirse al número veinte dirían: un hombre. Dos hombres, para referirse al cuarenta y así sucesivamente.



Figura 2.1: La primera calculadora, las manos

2.1.2. El ábaco

Los Sumerios, ubicados en Sumeria que era una región del antiguo medio oriente y formaba parte de la antigua Mesopotamia, esta civilización es considerada como la más antigua y la primera en el mundo. Pese a que los orígenes de su población es incierta, lo que si es un hecho y no se puede negar es el aporte que ellos dejaron a la humanidad en varios aspectos de la vida. En el tema que nos compete, los sumerios fueron los que inventaron el sistema sexagesimal, y los primeros en inventar el ábaco, para entender mejor de donde parte la necesidad de un ábaco, primero explicaremos qué son los guijarros y qué relación tienen con el ábaco.

Los guijarros son unas piedras pequeñas y redondeadas, se dice que en la prehistoria se los utilizaba para llevar las cuentas, por ejemplo los pastores de ovejas, en un recipiente iban poniendo un guijarro según iban saliendo sus ovejas del corral, y cuando estas volvían sacaban los guijarros fuera del recipiente, entonces cuando el recipiente estaba vacío sabían que todas sus ovejas habían vuelto. Algo similar ocurría con los guerreros, por cada guerrero que salía a batallar, se colocaba un guijarro en una urna, y a medida que estos volvían se iba

sacando un guijarro a la vez, por lo tanto la cantidad de guijarros que quedaban en la urna era la cantidad de guerreros que habían perecido en la batalla.



Figura 2.2: Guijarros

Como es de imaginar el realizar grandes cálculos con guijarros resultaba más complicado solo por la razón de que eran necesarios una gran cantidad de ellos, entonces se pasó a utilizar la base diez, con lo que ahora diez pequeños guijarros serían sustituidos por unos más grande y el tamaño de este nuevo iba incrementando según se tratara de centenas, millares, etc. Disminuyendo así significativamente la cantidad de pequeñas piedras utilizadas en los respectivos cálculos, pero como sabemos siempre hay algo que mejorar. Como se comentó al inicio de este apartado, los sumerios inventaron el ábaco aunque al mismo tiempo en otras civilizaciones como por ejemplo la inca, china, también crearon sus propios ábacos. De esta forma el cálculo con los guijarros pasó a un segundo plano. En la Figura 2.3 observamos como funcionaría este ábaco.

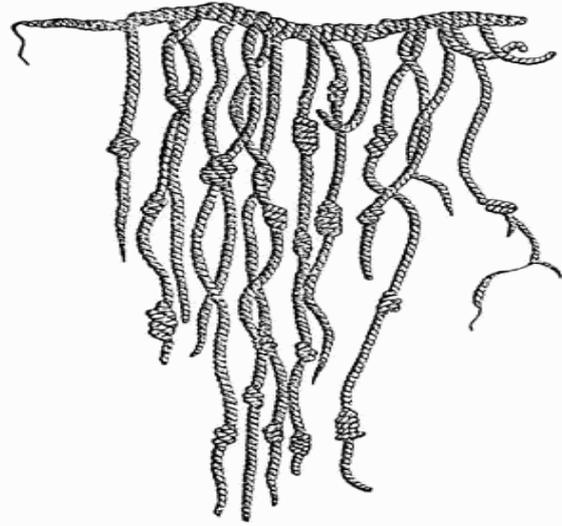
Originalmente el ábaco sumerio estaba formado por una tabla, esta podía ser de madera, arcilla, o estar dibujado en la arena, tenía con varias columnas en línea, cada una de estas columnas representaban una potencia de diez (unidades, decenas, centenas, miles, etc), se dice que este ábaco se utilizó solamente para realizar sumas y restas ya que resultaba demasiado anticuado para realizar otras operaciones más complejas.

En la Figura 2.3 tenemos un ejemplo del cómo se representaría el número 3153 en el ábaco sumerio. Como se observa en la columna correspondiente a los miles se hallan tres puntos por lo que tenemos $(1000 * 3)$ esto sumado a la columna correspondiente a las centenas, en la que tenemos solo un punto tenemos $(100 * 1)$, una vez más sumamos la columna de las decenas, que en este caso son cinco por lo que tenemos $(10 * 5)$ a todo eso sumamos lo que corresponde a la columna de las unidades $(1 * 3)$. Sumando estos cuatro valores anteriores tenemos el número que queríamos representar.

A continuación se muestran algunas imágenes correspondientes a ábacos de las civilizaciones más reconocidas como la china, la romana, la inca. No cabe duda que el ábaco fue parte esencial en la evolución del cálculo, aunque aún se necesitaba de la intervención del ser humano para realizar operaciones, pero se dejó



(a) Ábaco ruso

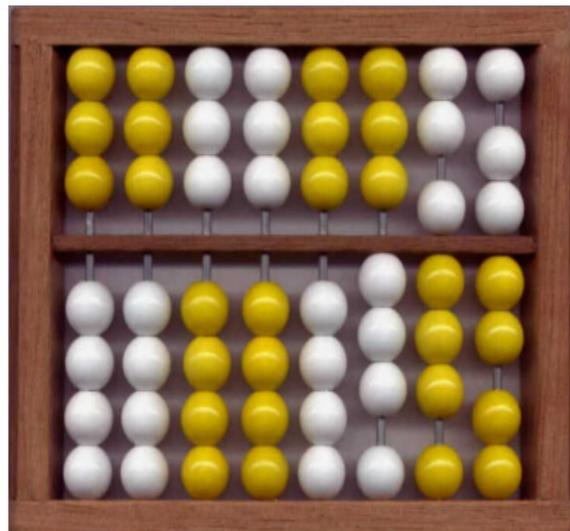


(b) Quipu (Ábaco inca)

Figura 2.5: Ábacos (II)



(a) Ábaco ruso



(b) Quipu (Ábaco inca)

Figura 2.6: Ábacos (III)

Con todo lo que hemos visto anteriormente, podemos concluir que aunque muchas veces el ábaco podría parecer solamente un juguete para niños, la realidad es muy distinta ya que en las manos expertas y correctas resulta de mucha utilidad para realizar cálculos.

2.1.3. Las varillas de Napier

Este invento se le atribuye a John Napier, se le conoce principalmente por la invención de los logaritmos. Este invento se conoce también como ábaco neperiano, huesos de Napier, este último nombre se debe a que estas varillas estaban

hechas de ramas, cuernos, huesos o de marfil. Es otra de las herramientas utilizadas para realizar cálculos, estas consisten en un tablero de madera, en su borde izquierdo se encuentran inscritos los dígitos del uno al nueve y tiene veinte bloques independientes de madera cada uno de ellos tiene inscrito en primer lugar los números del cero al nueve y en cada uno de ellos sus respectivas tablas de multiplicar del uno al nueve, pero está representado de manera particular, separando las unidades de las decenas por una línea diagonal. Napier utilizó este mecanismo de las varillas en los cálculos de su primera tablas logarítmicas.

A continuación realizamos un ejemplo del uso de las varillas de Napier para realizar la multiplicación de $46342 * 5$. En primer lugar seleccionamos las tablas correspondientes al multiplicando (46342), y elegimos la fila correspondiente al multiplicador (cinco), como se puede apreciar en la Figura 2.7 para obtener el resultado empezando por el dígito que representa las unidades del multiplicando, el primer número es un cero y las decenas de este es un uno, nos quedamos con el cero como unidad del resultado de la multiplicación, a continuación las decenas correspondiente al siguiente dígito (cuatro) es el cero pero sumando las decenas del dígito anterior, obtenemos el número uno, que corresponde a las decenas del resultado de la multiplicación, continuamos con el siguiente dígito (tres) que tiene por unidades el cinco que sumando las decenas del dígito anterior, se obtiene un siete. Este proceso se repite hasta terminar con todos los dígitos del multiplicando. Hasta aquí no resulta demasiado complicado.

Pasaremos a hacer la demostración de una multiplicación algo más complicada, vamos a multiplicar $46342 * 573$. En este caso empezaremos con las centenas del multiplicador (cinco) al resultado que obtenemos le añadimos al final dos ceros por tratarse de centenas con lo que tendremos el número 23171000, este valor se sumará a los resultados que obtendremos de las otras dos cifras (siete y tres), ahora pasaremos entonces a las decenas del multiplicador (siete) al resultado que obtenemos le añadiremos un cero por lo que tenemos el número 3243940, por último, las unidades del multiplicando (tres) a este número no se le añade ningún cero, por lo que tenemos el número 145026. El siguiente paso será sumar esos tres resultados obtenidos y obtenemos como se esperaba el número 26553966.

2.1.4. La pascalina

Pascalina fue el nombre por el que finalmente se decantó su inventor, el nombre inicial fue "máquina de aritmética", cambió de opinión y la llamó "rueda pascalina", esta máquina es conocida como la primera calculadora mecánica, fue inventada en 1642 por el filósofo y matemático Blaise Pascal, hijo de un funcionario recaudador de impuestos, provenía de una familia noble, no acudió a la escuela tradicional como la conocemos sino que fue educado en su casa por su padre. Blaise Pascal con tan solo diecinueve años y con la intención de ayudar a su padre con la farragosa tarea de recaudación de impuestos que implicaba realizar largas operaciones con números, le regaló la primera pascalina.

En cuanto al aspecto físico, la pascalina se asemejaba al tamaño y forma de una caja de zapatos, el primer ejemplar constaba de cinco ruedas aunque las posteriores aumentaron el número de ruedas a seis y ocho. El funcionamiento de la máquina estaba basado en ruedas y engranajes, estas ruedas dentadas estaban

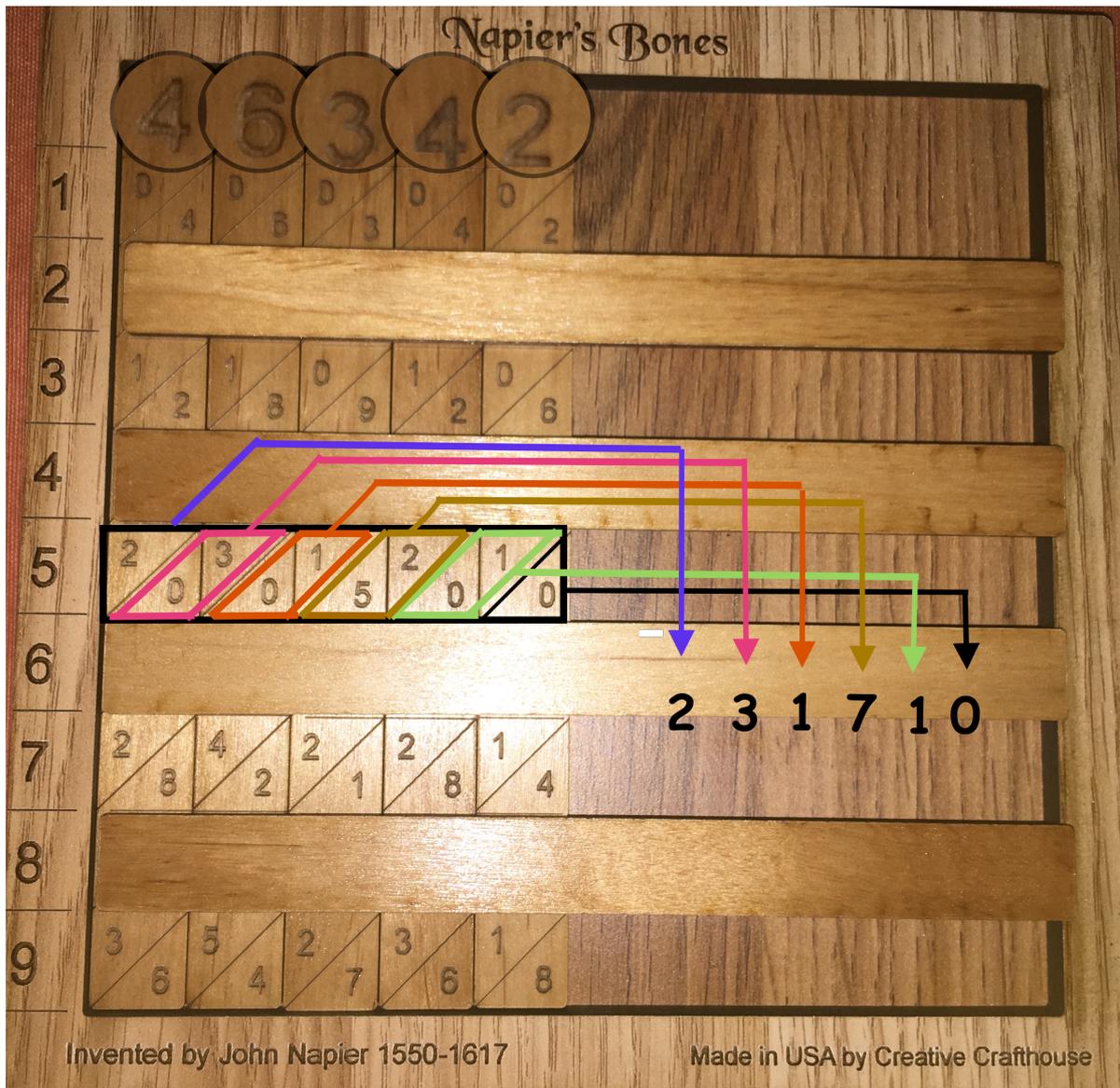


Figura 2.7: Ejemplo de multiplicación con varillas de Napier

conectadas entre si, de tal forma que cuando una rueda giraba totalmente entonces la siguiente avanzaba un grado, el movimiento se realizaba mediante una manivela que es la que provocaba los giros de las ruedas. Estas ruedas representaban el uso del sistema decimal, cada rueda disponía de diez giros, por lo que estaba marcada con números del cero al nueve. En la pascalina de ocho ruedas, seis de ellas representaban los números enteros mientras que las dos restantes (ubicadas al extremo izquierdo) se usaban para representar decimales.

Para sumar, se debía girar la manivela en el sentido apropiado de esta forma las ruedas giraban, si la rueda se encontraba ya en el nueve y se le sumaba uno, la rueda pasaba a la posición que marcaba el cero, un gancho hacía que la rueda siguiente incremente en uno.

Esta máquina podía realizar sumas, restas multiplicaciones y divisiones, estas dos últimas mediante sumas o restas sucesivas.



Figura 2.8: Retrato de Blaise Pascal

Pese a ser un invento de alta calidad para la época, no tuvo mucha repercusión, ni en las oficinas reales, ni entre los demás cobradores de impuestos, quizá por el temor de ser sustituidos por una máquina y tal vez perder su trabajo. Desde el punto de vista de los empresarios y empleadores, pensaban que el coste de comprar una máquina de estas resultaba innecesario en comparación a lo barato que les resultaba contratar a una persona que haga este trabajo.



Figura 2.9: Pascalina

2.1.5. La máquina de Leibniz

Gottfried Wilhelm Leibniz, fue un filósofo, matemático, político alemán nacido en el año 1646, fue quien creó esta máquina ,el invento de esta tuvo lugar en el año 1672. A sus quince años ingresó a la universidad de Leipzig para estudiar leyes, posteriormente postuló para un doctorado en leyes pero esta universidad le rechazó debido a su juventud. Leibniz abandonó esa universidad. Todo lo contrario ocurrió en la universidad de Altdorf en la que sorprendidos por sus

habilidades le ofrecieron que realice allí su doctorado además de ofrecerle ser catedrático de la misma, este trabajo no le resultó demasiado interesante por lo que lo rechazó para luego aceptar un trabajo como asesor del elector de Maguncia. Un joven Leibniz ya se interesó por la máquina de Pascal, aunque no terminaba



Figura 2.10: Retrato de Leibniz

de comprender su funcionamiento, incluso entre sus notas se encontraron una serie de sugerencias y dibujos que deberían ser añadidos a la parte superior de la pascalina, según su juicio.

Uno de los elementos esenciales de la máquina de Leibniz fue el cilindro estriado, otro de los inventos de Leibniz, como se puede ver en la Figura 2.11 cada una de las nueve estrías tiene una longitud diferente. Este cilindro sustituye a los engranajes que se utilizaban en la pascalina. Esta máquina era más avanzada que

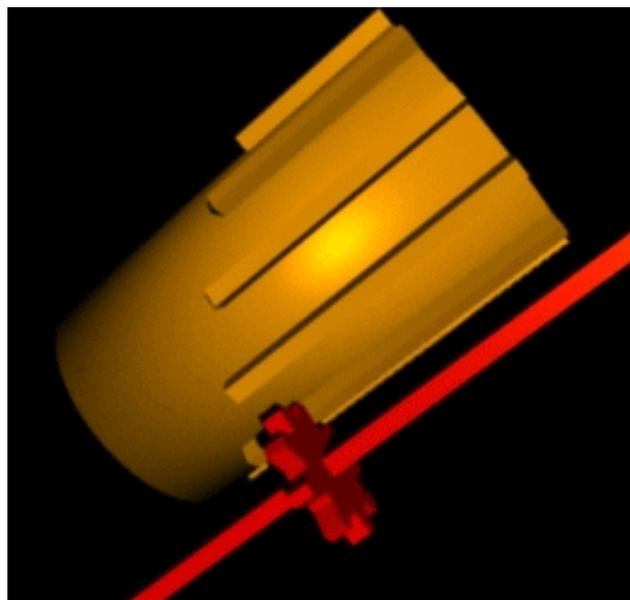


Figura 2.11: Cilindro estriado

la pascalina a pesar de haber sido inspirada en la misma, aparte de las operaciones básicas: suma, resta, multiplicación y división, también se podía obtener la raíz cuadrada. La máquina en esencia estaba formada por dos secciones básicas, la de arriba era el lugar donde se colocaban los valores a operar y el registrador de resultados mientras que en la parte inferior contenía el mecanismo del cilindro estriado. Cuando los dígitos del multiplicando eran colocados se procedía a mover la manivela una vez por cada vez que el multiplicando debiera añadirse a los mandos de respuesta.

La Revolución industrial aun no había tenido lugar por lo que la construcción del mecanismo de su invento resultaba complicada con la tecnología de aquella época, y la fabricación de esta a mano era demasiado complicada, por este motivo solo se construyeron dos máquinas, solo una de ellas existe actualmente y fue descubierta en un edificio de una universidad de Alemania de manera casual en el año 1876.

Sin ser consciente de ello, Leibniz con este invento contribuyó de manera importante no solamente al mundo de las matemáticas, sino también al de la informática. Como casi todos los grandes, el no era una persona que se llevara bien con todo el mundo, tanto es así que a su funeral en el año 1716 solo acudió su secretario.



Figura 2.12: Réplica de la máquina de Leibniz

2.2 La sociedad del siglo diecisiete

El siglo diecisiete es llamado por algunos “El siglo de la revolución científica”, es a partir de este siglo cuando surgen las comunidades científicas que se pueden definir como la agrupación de varias personas de diversos países y orígenes que comparten intereses por los grandes enigmas del mundo natural es en este punto cuando los estudiosos empiezan a plantearse el cómo de las cosas, hasta ese momento aquello que se concebía como investigación científica era el resultado de elaborar teorías, por ejemplo las relacionadas con el universo físico, basándose solamente en hipótesis que se habían dado por sentadas sobre el universo físico. Algunos estudiosos en este siglo hicieron lograron sus investigaciones y nuevas

teorías, replantear muchas de estas hipótesis teniendo en cuenta el punto científico, el hecho de que las universidades medievales fueron creciendo fue parte fundamental de esta revolución.

Con la aparición de las comunidades científicas mencionadas anteriormente se fue renunciando gradualmente el viejo y prepotente criterio de autoridad para explicar las cosas que ocurrían en la naturaleza aunque parezca extraño ese proceso prefirió no enfrentarse abiertamente a la religión, sino más bien buscar también con sus estudios justificaciones que soportaran la creencia que todo lo que existe fue creado por un ser superior y poderoso, un ejemplo de esto es Isaac Newton quien varios años después de escribir su publicación *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* confesó que mientras realizaba su obra pensaba en este tipo de justificaciones.

Hasta entonces, y durante en siglo anterior, el centro de la ciencia había sido Italia, los países germánicos y anglosajones salieron a flote convirtiéndose en cuna de muchos de los grandes científicos que conocemos hoy en día y cuyos estudios, obras y aportes han significado un avance incremental para llegar a la tecnología que utilizamos hoy en día.

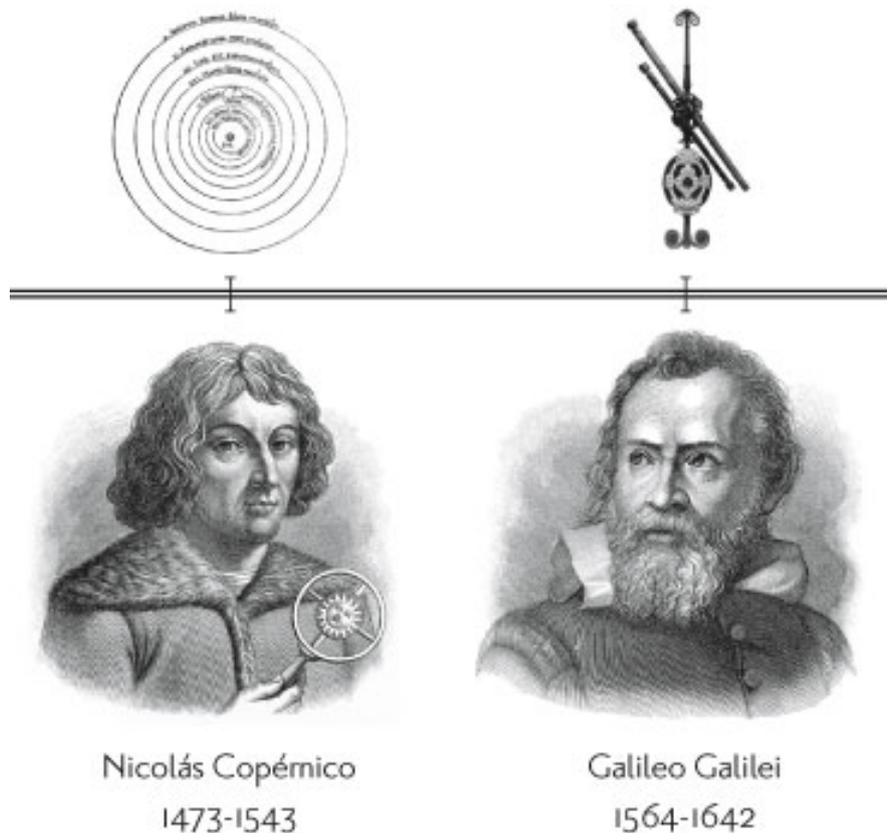


Figura 2.13: Copérnico y Galileo

La principal preocupación por la que surge esta revolución es el interés de los estudiosos por describir y analizar la realidad física de ese entonces sin conformarse solamente con los métodos anteriores, manteniendo una incertidumbre permanente cabe destacar que todo esto fue un proceso que se realizó poco a

poco gradualmente. En este siglo empezaron también a aumentar el número de publicaciones sobre investigaciones, se plantea el hecho de que para afirmar algo primero se debe observar cuidadosamente por un determinado tiempo y posteriormente ser capaz de hacer experimentos lo que lleva a que sea algo contrastable y no algo sin fundamentos.

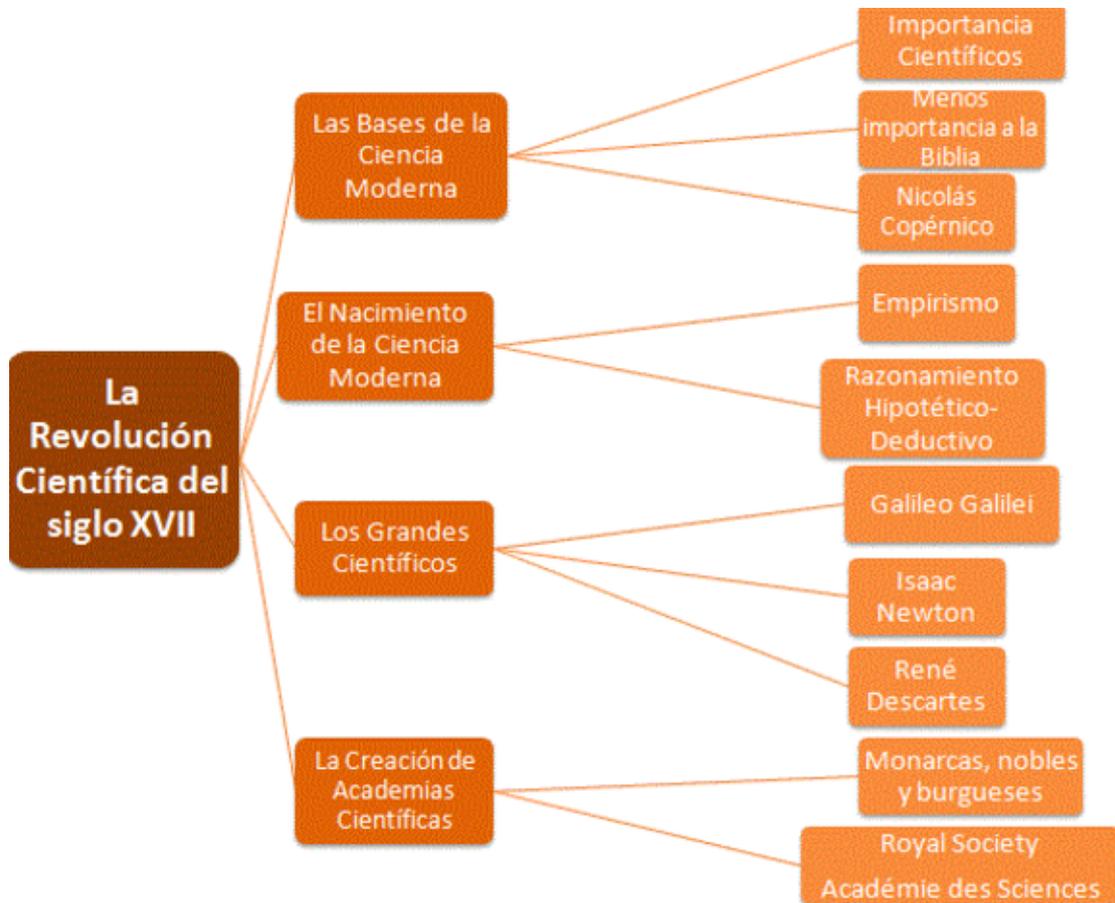


Figura 2.14: Esquema resumen Siglo XVII

Un par de ejemplos que avalan todo de esto es lo que ocurrió con Nicolás Copérnico quien fue un astrónomo que se ocupó de buscar alguna fórmula matemática sencilla para ser capaz de explicar como funciona el universo y con esto ponía en duda que la tierra no permanecía estática y tampoco era el centro del universo como hasta entonces se creía, con esta afirmación la iglesia se sintió atacada y en 1616 la inquisición prohibió discutir sus teorías.

Otro ejemplo muy relacionado con Copérnico (aunque todo empezó en el siglo XVI) lo podemos ver con lo que le ocurrió a Galileo Galilei quien se atrevió a contradecir a Aristóteles, esto fue considerado como una herejía y en el año 1614 fue denunciado por un sacerdote de Florencia para posteriormente en 1633 ser condenado a cadena perpetua, ordenándose también quemar todas las copias de su libro. Fue Isaac Newton quien siguió los pasos de Galileo.

La segunda mitad de este siglo se caracteriza porque ya no se tiene una fe ciega a las doctrinas de Aristóteles que era parte de la vieja mentalidad, sino que se crea una ciencia experimental Como se ha podido comprobar con la información brindada, la sociedad de entonces veía los inventos, estudios y conocimientos

como una amenaza hacia los conocimientos que se daban por sentados y se condenaba cualquier tipo de actitud que bajo su perspectiva resultase desafiante. En la Figura 2.14 ⁵ podemos observar un esquema resumen sobre la situación de la época en lo que respecta a la revolución científica.

2.3 El inventor del reloj calculante

Wilhelm Schickard nació en el año 1592 en Herrenberg, un pequeño pueblo en la parte sur de Alemania donde su familia era muy conocida, fue el primer hijo, su padre era un carpintero cuyo nombre era Lucas Schickard y su madre Margarete Gmelin, hija de un pastor Luterano y fue sobrino de arquitectos poco más se conoce de su vida personal. Schickard tenía un gran talento para el aprendizaje y dominio de lenguas, a muy temprana edad, como solo les suele ocurrir a las mentes geniales, se le concedió una beca en una escuela del monasterio ubicado en una ciudad al norte de Tübingen lo que le resultó muy valioso ya que su familia no podría haber costado sus estudios. Tras su paso por esta escuela obtuvo, a sus diecisiete años, su licenciatura en letras pero continuó estudiando teología y hebreo compatibilizando sus estudios con su trabajo como profesor privado.

Estudió teología y lenguas orientales tales como arameo y hebreo, en su tiempo libre ejercía como ministro luterano en su ciudad natal, fue precisamente ejerciendo como ministro cuando conoció por primera vez a Johannes Kepler que había acudido a Tübingen en auxilio de su madre que había sido acusada de brujería. Pero su vida no solamente la dedicó al ministerio Luterano, también ejerció como profesor de Hebreo, lenguas orientales, matemáticas, astronomía, geografía y como si esto aun resultara poco era talentoso para la pintura, en la construcción de artilugios, escribió docenas de libros y monografías por lo que no es de extrañar que una vez dados a conocer estos detalles se le haya llegado a comparar con grandes personajes de la historia como Leonardo da Vinci.

No cabe duda que Schickard era un erudito con suficientes conocimientos y destrezas para ser capaz de construir sus propios inventos. En la figura 2.14 podemos observar un retrato de Schickard podemos fijarnos particularmente en el aparato que sostiene con su mano derecha, se trata de una de sus creaciones: El primer planetario portátil. En el año 1615 contrajo matrimonio con Sabine Mack, tuvieron nueve hijos, de los cuales solo sobrevivieron cuatro (esto no resultaba una extraña en aquella época), tres niñas y un niño, continuó con sus labores de diácono hasta el verano de 1619 las tareas de la iglesia le dejaban el tiempo necesario para dedicarse a sus estudios, desarrollar destrezas motoras, escribir manuscritos, realizar traducciones, entre otras.

Las obras más importantes, reconocidos estudios y logros de Schickard los realizó en sus facetas como científico matemático y astrónomo. De entre sus inventos cabe destacar una máquina que calculaba fechas astronómicas. Un invento curioso denominado "*Hebraea Rota*" cuya portada está en la Figura 2.17 y que fue creado con la finalidad de mostrar la conjugación de los verbos, con ella Schickard pretendía facilitar el aprendizaje de sus alumnos de hebreo y arameo de

⁵http://trabajohistoriasociales.blogspot.com.es/2013/04/la-revolucion-cientifica-del-siglo-xvii_27.html



Figura 2.15: Retrato de Wilhelm Schickard

universidad de Tubing, este aparato mecánico consistía en dos discos giratorios colocados uno sobre otro y las respectivas conjugaciones de los verbos aparecían por la ventana

Escribió también con el mismo objetivo una obra llamada "*Horologium Hebraeum*" este libro contenía veinticuatro capítulos destinados al aprendizaje de arameo y su particularidad residía en que cada uno de los capítulos fue escrito pensando en que el lector solo le dedique una hora a cada capítulo para aprender, en la Figura 2.18 se puede ver la portada de este libro. Como se puede intuir, Schickard era un políglota ya que aparte del latín, holandés, árabe, turco y lenguas antiguas como hebreo y arameo también era conocedor del francés y alemán.

En el año 1631 Schickard se convirtió en profesor de matemáticas, astronomía y geodesia en la universidad ya que para entonces era poseedor de varios estudios, publicaciones y logros, estaría ocupando el cargo de un famoso matemático y astrónomo alemán. En su cátedra como profesor de astronomía dio conferencias sobre el tema y elaboró una investigación sobre el movimiento lunar lo que desencadenó la publicación de *Ephemeris Lunaris* con esta se podía determinar la posición de la luna en cualquier momento.



Figura 2.16: Ciudad de nacimiento de Schickard

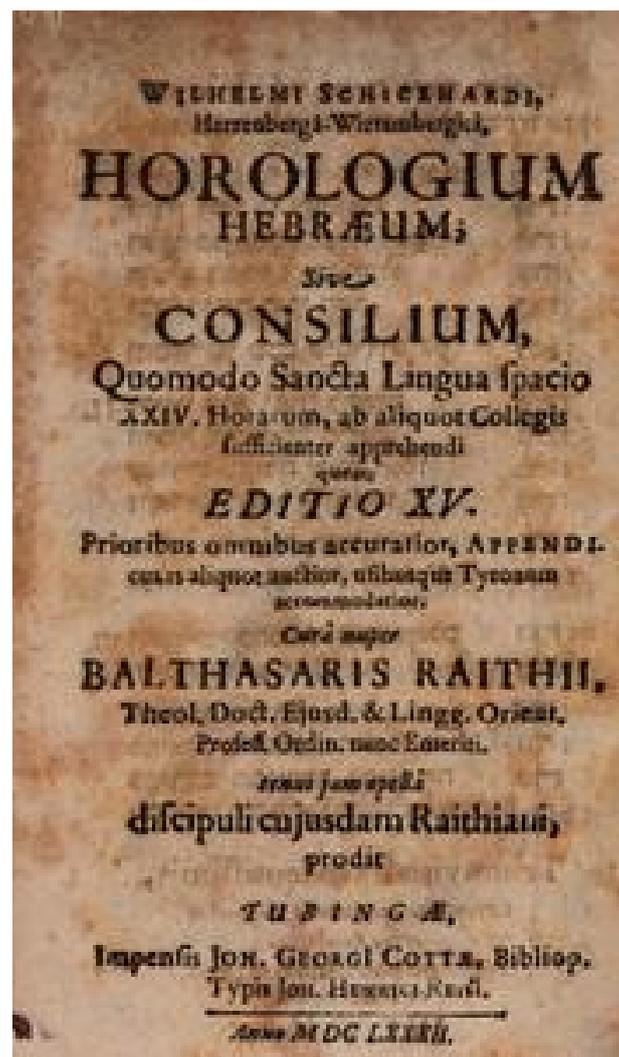


Figura 2.18: Portada del libro Horologium de W.Schickard

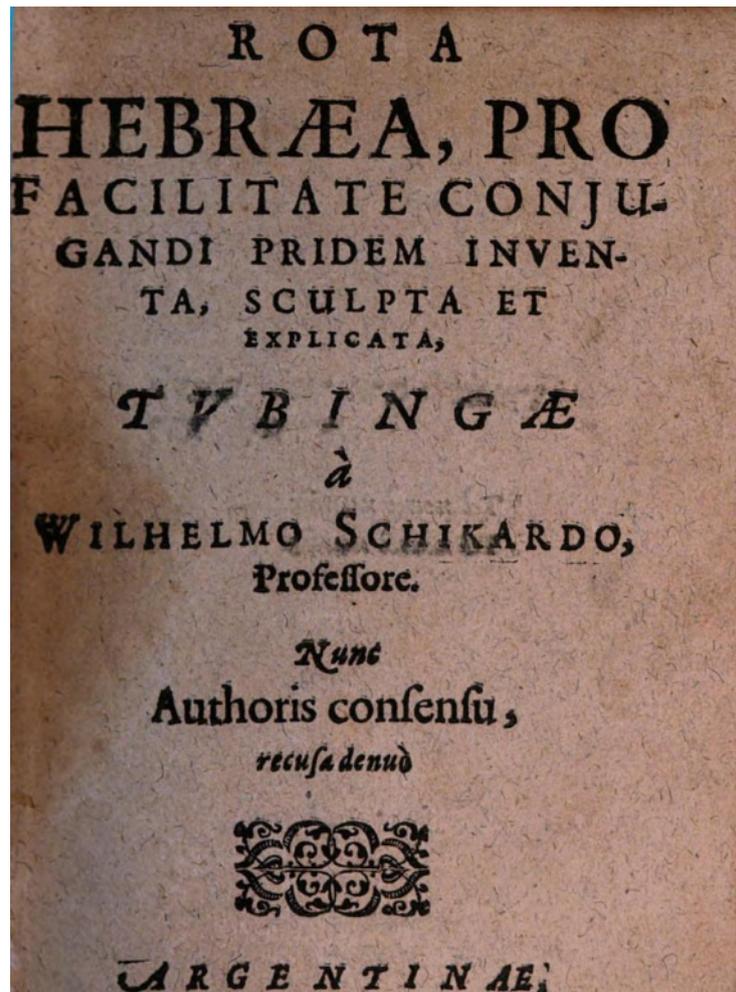


Figura 2.17: Portada del libro de la Hebrae Rota de W.Schickard

El primer planetario de bolsillo del cual se puede observar una reconstrucción en la Figura 2.20⁶ se le atribuye también a este gran científico con el fin de realizar cálculos de efemérides, el objetivo de este cálculo es conocer la posición de un determinado cuerpo celeste en función de los elementos de su órbita.

$$\vec{r} = \begin{bmatrix} \xi \\ \eta \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r \cos V \\ r \sin V \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a(\cos E - e) \\ a\sqrt{1-e^2} \sin E \\ 0 \end{bmatrix}$$

Figura 2.19: Cálculo efemérides

⁶<http://history-computer.com/People/SchickardBio.html>



Figura 2.20: Reconstrucción parcial del planetarium de Schickard

Otra de las colaboraciones conocidas entre Kepler y Schickard fue en el desarrollo de *Harmonices Mundi Libri V* del cual podemos observar una página en la Figura 2.20 en la que constan imágenes realizadas por Schickard

Wilhelm Schickard es principalmente conocido por haber construido una de las primeras calculadoras mecánicas en 1623 incluso antes de la Pascalina de Blaise Pascal en 1642 y la máquina calculadora de Gottfried Wilhelm Leibniz en 1672, a esta máquina Schickard la llamó Reloj Calculante, con ella se podían realizar las cuatro operaciones básicas con números de hasta seis cifras.

El boceto del reloj calculante fue descubierto a través de unas cartas escritas, escritas en latín las mismas que Schickard envió a Kepler, el descubridor de las leyes del movimiento planetario, con quien colaboró en varias ocasiones en estas cartas, le explica que el reloj calculante le resultaría útil y facilitaría el cálculo de tablas logarítmicas que Kepler estaba desarrollando en ese momento cuyo objetivo era facilitar la multiplicación.

La existencia de la máquina creada por Schickard se dio a conocer trescientos años después de su invención, nunca se llegó a conocer porque se quemó en un incendio accidental. En los siguientes apartados detallaremos algunos de los personajes destacados que están relacionados de forma directa o indirecta bien con Wilhelm Schickard o con la invención de su máquina de calcular.

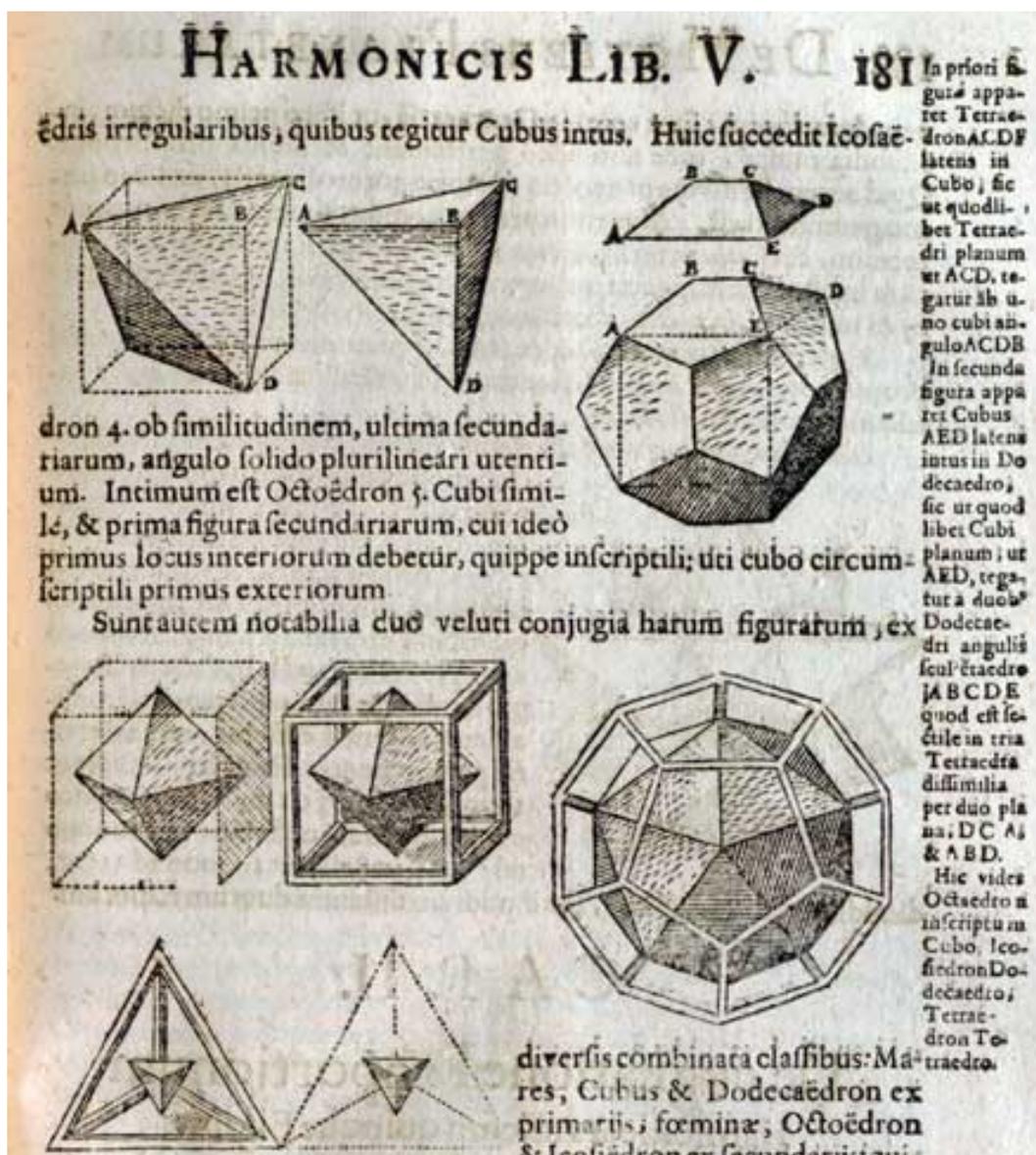


Figura 2.21: Página de Harmonices Mundi Libri V

La muerte de Wilhelm Schickard se produjo a finales de año 1635 a causa de la peste, previamente intentó escapar de la guerra de los treinta años cambiando su residencia, pero terminó volviendo con su familia.

Antes de morir Schickard tuvo que pasar el mal trago de sufrir la muerte primero de su esposa y luego de sus tres hijas, su único hijo varón fue quién continuó con vida pero murió poco después del fallecimiento de Schickard. Así Schickard se quedó sin descendencia que se encargue de difundir sus grandes logros.

La Figura 2.22 muestra un sello perteneciente a la Alemania occidental que se emitió para conmemorar los trescientos cincuenta años de su construcción. Se puede decir que Schickard es considerado después de Kepler el mejor astrónomo y científico alemán de su tiempo.



Figura 2.22: Sello en memoria de Shickard

2.3.1. Leonardo da Vinci

Este gran personaje italiano es reconocido mundialmente por su genialidad y multitud de talentos, son conocidas sus obras como pintor, tales como la famosa Mona Lisa, La última cena, el Hombre Vitruvio, su gran capacidad imaginativa le llevó también a ser el autor de fabulosos inventos tales como las máquinas voladoras a las que llamó ornitópteros. Otro de sus inventos es la escafandra, se trata de un traje de buceo estaba hecho de cuero. De acuerdo al tema que se trata en este trabajo, uno de sus inventos fue hacer el diseño de una máquina que calculaba la Figura 2.24 muestra un dibujo de esta máquina de sumar, si bien no la llegó a implementar, dejó este diagrama con anotaciones. En el año 1628 un experto en las obras de Da Vinci fabricó la máquina esbozada en ese diagrama.



Figura 2.23: Retrato de Leonardo da Vinci

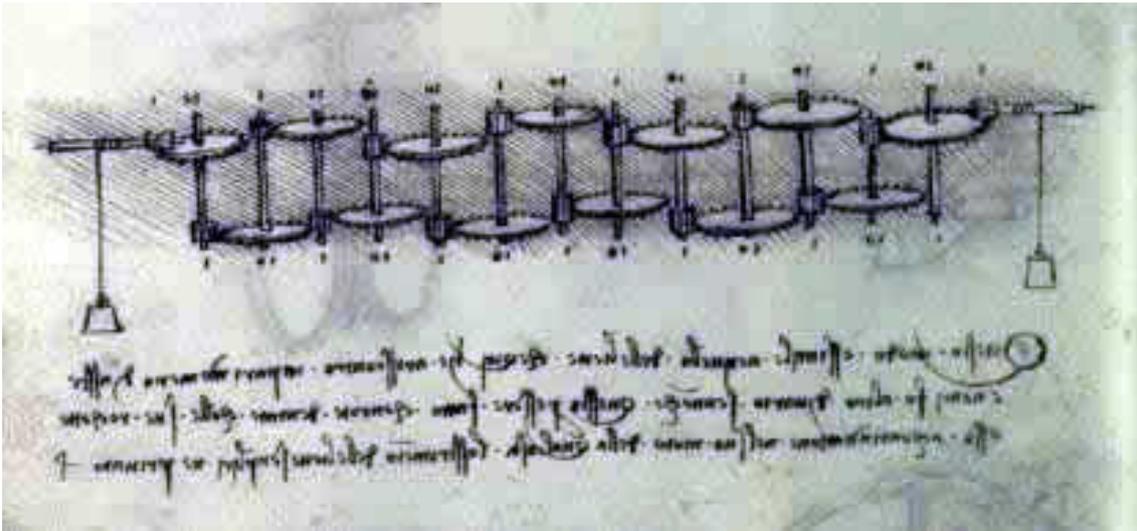


Figura 2.24: Dibujo máquina de sumar de L.Da Vinci

2.3.2. John Napier

Este astrónomo, físico y matemático conocido principalmente por ser quién inventó los logaritmos, fue el inventor de los conocidos como "Huesos de Napier" que utilizó Schickard para el diseño de su máquina. Napier nació en la ciudad de Edimburgo-Escocia perteneciente a una familia noble de esta ciudad, quizá puede parecer demasiado precoz pero entonces no era tan extraña a la edad en la que Napier empezó sus estudios universitarios, tenía a penas trece años. Su padre desde pequeño influenció en su religión: el Protestantismo por lo que con los años se convirtió en asiduo defensor de esta religión y se le reconocía por sus opiniones negativas hacia la iglesia católica romana. Se dice que las matemáticas y las investigaciones científicas no eran las prioridades en su vida

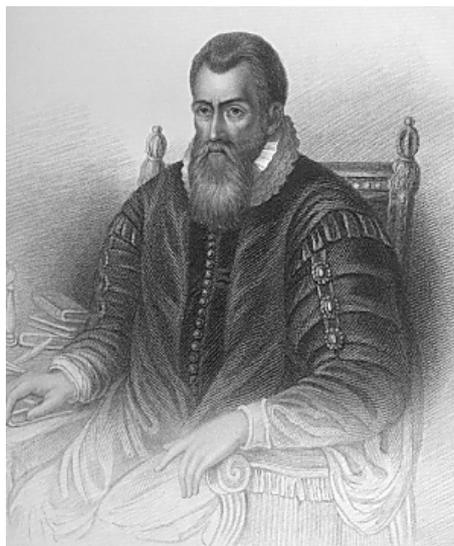


Figura 2.25: Retrato de John Napier

2.3.3. Johannes Kepler

Johannes Kepler, un personaje relacionado con el inventor del reloj calculante, que fue quien descubrió las leyes del movimiento planetario. En cuanto a la



Figura 2.26: Retrato de Johannes Kepler

relación entre Schickard, ambos nacieron en el mismo pueblo y muchas cosas en común como por ejemplo que ambos estaban interesados en las matemáticas, la astronomía. Tenían la misma religión aunque Kepler tenía ciertos pensamientos Calvinistas. Como es de comprender, al tener interesen en común forjaron una buena amistad a pesar de que Kepler era veinticuatro años mayor que Schickard se veían siempre que podían y se enviaron cartas uno al otro por varios años, en ellas detallaban problemas por los cuales se encontraban atravesando con alguno de sus inventos. En alguno de los documentos escritos por Kepler hacía notar su admiración con las diferentes virtudes de Schickard decía de el que era un hombre joven, talentoso y amante de las matemáticas lo que le llevó a pedirle ayuda con las tablas de las figuras de su gran trabajo *Harmonice Mundi*.

La madre de Kepler fue acusada y puesta en prisión por brujería, fue entonces cuando Kepler volvió a su ciudad natal para ayudar a su madre, y se asoció con Schickard. Se dice que Schickard y Kepler no se conocían en profundidad mas si colaboraron uno con el otro en varias ocasiones y es precisamente de una de esas colaboraciones en las que Schickard creó el primer sumador mecánico.

2.3.4. Bruno von Freytag-Löringhoff

Este filósofo y matemático alemán fue profesor de astronomía en la universidad de Tübingen. Entre los años 1957 y 1960 reconstruyó la máquina de cálculo creada por Schickard basándose en los bocetos hallados, habiéndolos previamente estudiado a fondo conjuntamente con las descripciones que encontró citadas en las cartas, también tuvo en cuenta las técnicas de las relojerías de aquel entonces ya que supuso que Schickard habría utilizado unas ruedas dentadas de

reloj que eran robustas y pesadas. Una vez logra construir la máquina realizó una serie de pruebas para descubrir y constatar que el modelo se correspondía con las descripciones realizadas por Schickard. Tras realizar todas las comprobaciones necesarias, descubrió que la máquina era útil para realizar los cálculos en el campo de la astronomía propios del siglo XVII. En la Figura 2.27 ⁷ podemos observar al profesor Freytag manipulando la réplica creada por el.



Figura 2.27: Réplica del reloj calculante y von Freytag

2.4 Descubrimiento de los bocetos de Schickard

Tras la muerte de Schickard y de su familia no quedó nadie que conmemore todos los logros que realizó durante su vida es por ello que el descubrimiento de los bocetos fue ciertamente fundamental e indispensable para poder conocer la existencia de esta máquina permitiría dar a conocer sus obras y darle su respectivo reconocimiento además de poder estudiar la máquina, analizarla y construir posteriormente una réplica, es por ello que en esta sección daremos a conocer los principales fragmentos de las famosas cartas enviadas de Schickard a Kepler.

Si bien su descubrimiento fue casual ya que sucedió mientras biógrafos de la vida de Kepler se hallaban buscando información sobre la vida de este. El fragmento de la Figura 2.28 ⁸ escrito en latín pertenece a la carta que Schickard envió a Kepler el 25 de febrero de 1624. En el siguiente párrafo se puede leer en castellano lo que está escrito en la carta. En esta segunda carta Schickard esbozó también un pequeño dibujo sobre como funcionaría el acarreo, como se puede observar en la Figura 2.29

"... Te haré en otra ocasión un diseño más cuidadoso de la máquina aritmética; en resumidas cuentas, mira lo siguiente: aaa son los botones de los cilindros verticales que llevan las cifras de la tabla de multiplicación, que aparecen a la voluntad en las ventanas de las correderas bbb. Los discos ddd son solidarios

⁷<http://blog.hnf.de/das-raetsel-der-schickardschen-rechenmaschine/>

⁸<http://history-computer.com/MechanicalCalculators/Pioneers/Schickard.html>

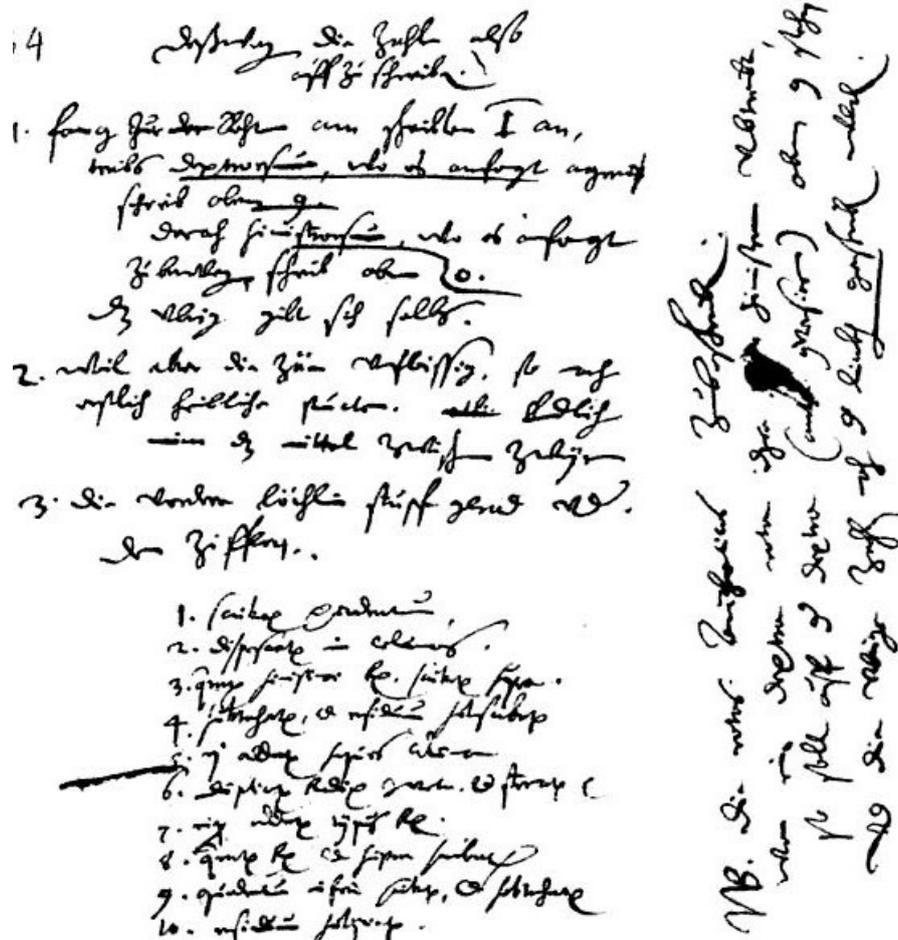


Figura 2.28: Carta de Schickard a Kepler escrita en Latín

con ruedas dentadas interiores, de diez dientes, engranadas entre sí de manera que, si la rueda de la derecha da diez vueltas su vecina de la izquierda sólo da una; y que si la primera de la derecha da cien vueltas la tercera de la izquierda da una, y así sucesivamente. Todas ellas giran en el mismo sentido por lo que es necesaria una rueda de reenvío del mismo tamaño engranando permanentemente con su vecina de la izquierda, aunque no con la de la derecha, lo que requiere un cuidado especial en la fabricación. Las cifras marcadas en cada una de las ruedas se leen en las aberturas ccc de la plancha central. Finalmente, sobre el zócalo se encuentran los botones eee que sirven para inscribir en las aberturas fff las cifras que se hayan de anotar en el curso de las operaciones. Sería muy prolijo completar esta rápida descripción que se comprendería mejor con la práctica. Te había hecho fabricar un ejemplar de esta máquina por J. Pfister, que vive aquí; pero ha sido destruido hace tres días junto con algunas de mis pertenencias... en un incendio nocturno..."⁹

Otro de los fragmentos de la carta que data del 20 de septiembre de 1623 es el que se escribe a continuación:

Lo que haces tú con el cálculo manual, lo he intentado yo hace poco pero mecánicamente... He construido una máquina que cuenta inmediata y automáticamente los números dados, suma, multiplica y divide..... Estoy seguro que vas

⁹<http://www.ipesad.edu.mx/repositorio1/BG-B07-8.pdf>

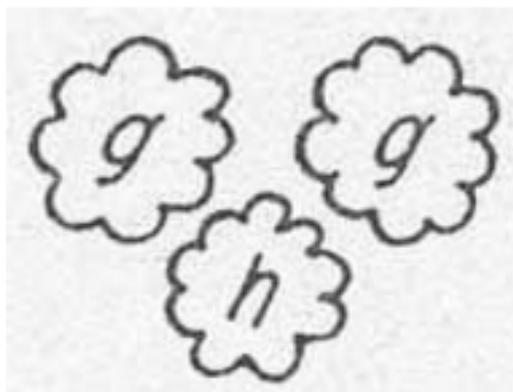


Figura 2.29: Dibujo de las ruedas dentadas

*a estallar de alegría, cuando veas cómo transporta lo que se lleva de las decenas o centenas o cómo lo descuenta en las sustracciones...*¹⁰

Algunos de los documentos de Schickard fueron guardados en Württemberg que es la biblioteca estatal de Stuttgart-Alemania, y las dos cartas que se mencionaron anteriormente fueron a parar en colecciones de trabajos de varios astrónomos, aunque las comparaciones suelen ser odiosas, dado la relevancia de Kepler frente a Schickard muchos de los historiadores, personal que manipulaba archivos y científicos que estudiaron a Kepler no le dieron mucha importancia a sus cartas al considerarlas menos relevantes que los documentos de Kepler.

Al inicio del año 1930, fue publicada una edición completa del trabajo de Kepler, dos de los expertos en Kepler: Max Caspar y Feanz Hammer fueron los co editores de esta serie de ediciones, fue durante este proceso que en el año 1935 que Hammer estaba revisando documentos de Kepler cuando entre ellos encontró un documento del tamaño de una postal, en ella estaba dibujado un aparato gracias a su memoria Hammer logró recordar una carta a Kepler que había sido publicada en la que describe detalladamente uno de sus inventos refiriéndose a un boceto adjunto por lo que supo que la carta y esa postal con ese dibujo estaban relacionadas directamente. Pero las calamidad asociadas al invento de Schickard no cesaron aquí ya que Hammer tenía mucho trabajo y a eso se unió el hecho de que en esa época inició la segunda guerra mundial por lo que no publicó nada de lo que descubrió.

Aproximadamente unos veintiún años después el antes mencionado Hammer se encontraba examinando en Stuttgart los documentos de Schickard cuando encontró otro esbozo de la calculadora conjuntamente con un trozo de papel que tenía las instrucciones de uso para un mecánico, esto trajo a su memoria su hallazgo de años atrás por lo que finalmente decidió dar a conocer sus descubrimientos.

Fue en un congreso en el que se trataba la Historia de las Matemáticas que tuvo lugar en 1957 en un instituto de matemáticas en Oberwolfach-Alemania donde dio a conocer lo que había encontrado. Uno de los asistentes a este congreso era el doctor Bruno Baron von Freytag Loringhoff que tenía en común con Schickard que ambos eran profesores.

¹⁰<http://vts-informaticabasica.blogspot.com.es/2010/08/elreloj-calculador-de-schickard.html>

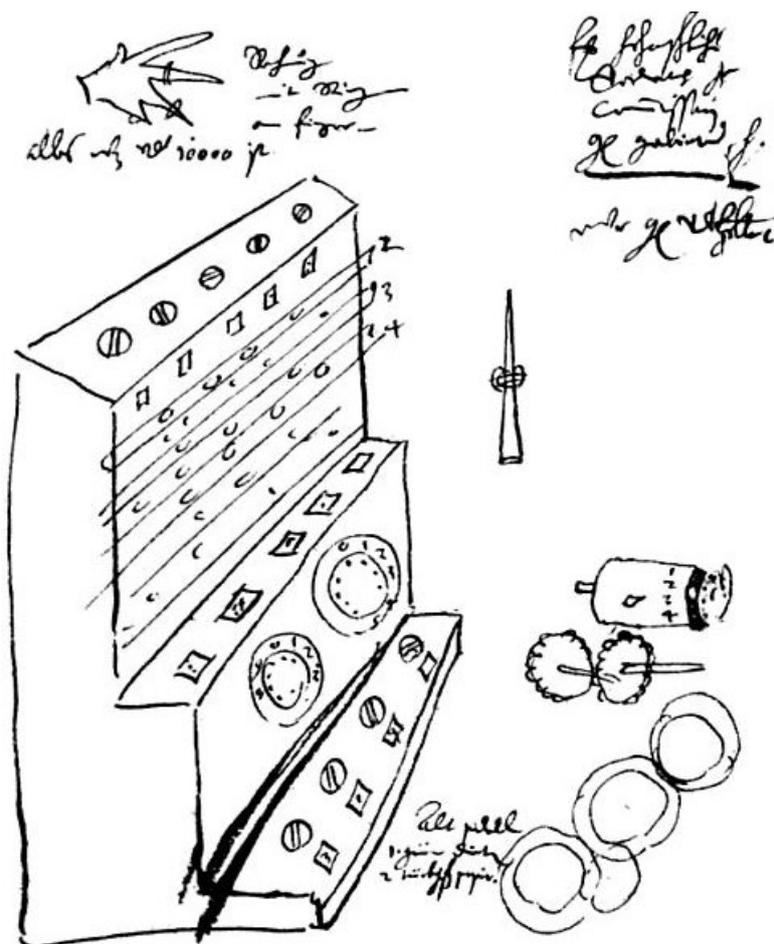


Figura 2.30: Boceto del reloj calculante incluido en una carta enviada por Schickard a Kepler

2.5 La réplica del reloj calculante

Existen varias réplicas de este reloj calculante, la creada por primera vez por el profesor von Freytag se encuentra en el museo de Tübingen, el profesor Freytag que por aquel entonces impartía clases de matemáticas en la universidad de Tübingen asistió a un congreso de matemáticas donde Hammer reveló su hallazgo sobre los documentos de Schickard los mismos que no le fueron de ninguna ayuda para poder comprender cómo funcionaba aquella enigmática máquina dibujada en las cartas.

El profesor von Freytag tenía conocimientos suficientes sobre los antiguos métodos matemáticos, se hizo con los documentos de Schickard encontrados y se dispuso a estudiarlos rigurosamente para a continuación embarcarse en la labor de descubrir el misterio del funcionamiento de la máquina tras lograrlo inició la reconstrucción de la máquina en el año 1960 teniendo como resultado una máquina que funcionaba.

Cabe resaltar que para lograr la completa funcionalidad de la réplica von Freytag tuvo que solventar alguna discordancia existente en el mecanismo de acarreo del diseño original como se comentará en el siguiente apartado y que la explica-

ción del funcionamiento del mecanismo de acarreo tampoco fue explicado completamente en sus cartas.

Las Figuras 2.31 Y 2.32 fueron tomadas en el Museo de las Ciencias de Munich siendo la primera de ellas una réplica solamente en aspecto y cerrada en una urna de cristal por lo que no podía ser manipulada, mientras que con la segunda se realizaron varias pruebas de suma, y multiplicación ya que con esta réplica no es posible realizar restas.



Figura 2.31: Réplica del reloj calculante, Museo de la ciencia de Múnich

2.6 Problemas en la construcción de la réplica

Uno de los inconvenientes para la construcción del reloj calculante residía en que por aquella época resultaba complicado y lento el proceso de fabricar el mecanismo con el que esta funcionaba ya que como se ha comentado previamente la revolución industrial aun no tenía lugar por lo que la mayoría de trabajos se realizaban a mano.

Dos son los principales inconvenientes en el ámbito técnico a la hora de construir esta máquina y residen en el diseño y construcción del mecanismo de acarreo. Uno estos problemas reside en la fricción ya que al inicio del siglo XVII aun no se habían inventado los tornos, que permiten dar forma, cortar y mecanizar piezas con estos tornos que actualmente se utilizan en la industrial metalurgia ahora podríamos fabricar una rueda piñón sin a penas complicaciones.

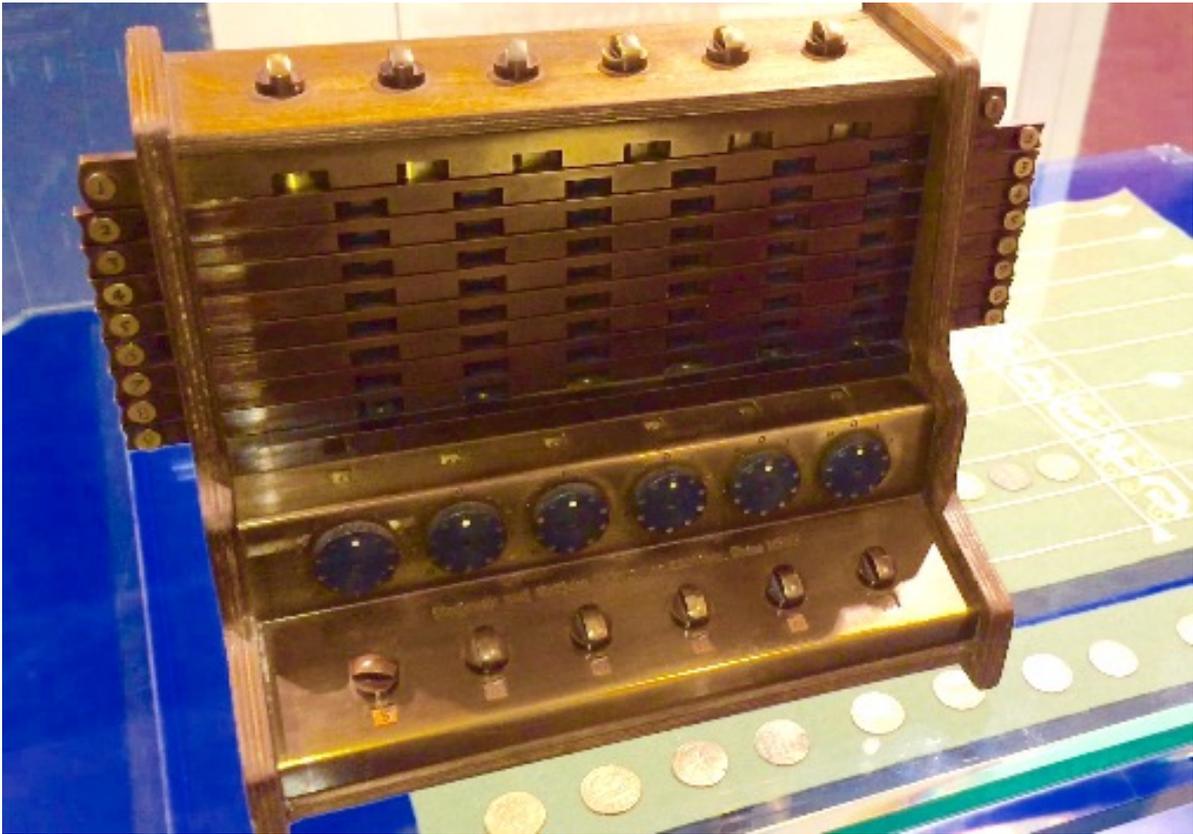


Figura 2.32: Réplica del reloj calculante, Museo de la ciencia de Múnich

Al no existir estas herramientas, las ruedas piñón tenían que ser elaboradas de forma manual y dicha elaboración requería de una precisión exhaustiva ya que de lo contrario cuando se produjera un acarreo el fenómeno de fricción tendría lugar y con mucha más fuerza y provocando daño al delicado mecanismo si la propagación del acarreo se realiza por ejemplo desde la primera rueda hacia la última que si la propagación del acarreo ocurre en dos o tres posiciones. Este problema desembocaría en una máquina en la que operar resultaría complejo y sería fácil de romper.

El segundo problema se debe a que Schickard no llegó a especificar de qué forma iban a estar adheridas las ruedas intermedias, en la primera réplica realizada el profesor Freytag Löringhoff solventó esto añadiendo un pequeño disco intermedio. Schickard al haber enfrentado estos dos problemas decidió solamente utilizar seis dígitos a pesar de que Kepler requería trabajar con una gran cantidad de dígitos para poder realizar sus cálculos astronómicos.

CAPÍTULO 3

Mecanismo y funcionamiento del reloj calculante

Gracias a los bocetos encontrados en las cartas enviadas por Schickard a Kepler, podemos saber que tal como está diseñada la máquina, se pueden realizar con ella las cuatro operaciones básicas: suma, resta, multiplicación y división de números positivos de hasta seis cifras. Sabemos también que está compuesta por tres módulos totalmente independientes entre si. En cuanto a su aspecto luce muy parecida a una caja registradora, si nos fijamos en su apariencia frontal está compuesto de nueve tablillas de madera con unas pequeñas ventanas separadas entre si en las que se puede visualizar los números de los cilindros. Si comparamos esta máquina con la pascalina, una de las grandes diferencias es que esta última necesitaba utilizar complemento a nueve para realizar la resta, esto no ocurre en el reloj calculante.

La parte superior del reloj calculante es un dispositivo con el que se pueden realizar multiplicaciones y divisiones y es una versión de las tablas de Napier. Por otro lado la parte central es un sumador autónomo con el que se pueden realizar sumas y restas. Por último, en la parte inferior de la máquina, un dispositivo para almacenar números utilizados en los cálculos, o resultados intermedios de las operaciones que se realicen. En la siguiente sección detallaremos cada uno de estos módulos.

El mecanismo del funcionamiento de la máquina explicado por el mismo Schickard en una de las cartas mencionadas en el capítulo anterior. Adjunta a una de ellas estaba la imagen de la Figura 3.1 con esta pretendía explicar más fácilmente su funcionamiento. A continuación se detallará siguiendo la imagen una explicación dada por Schickard, en la imagen se puede observar las letras a a a que son las ruedas que permiten realizar el movimiento de los cilindros verticales los mismo que funcionan como las tablas de Napier, proceso que se explicó en el primer capítulo.

Las paletas laterales izquierdas están marcadas como b b b y son las que permiten elegir el multiplicador, las ventanillas etiquetadas como c c c son en las que se puede ver los resultados que da el sumador a través de las ruedas del mismo marcadas como d d d estas ruedas relacionadas entre sí utilizan el método de

acarreo que será explicado en las próximas secciones. Por último tenemos también las etiquetas f f f ubicadas en el dispositivo de grabación de resultados, estas no tienen el mecanismo de acarreo solo funcionan para mostrar en los zócalos marcados con f f f los números del cero al nueve.

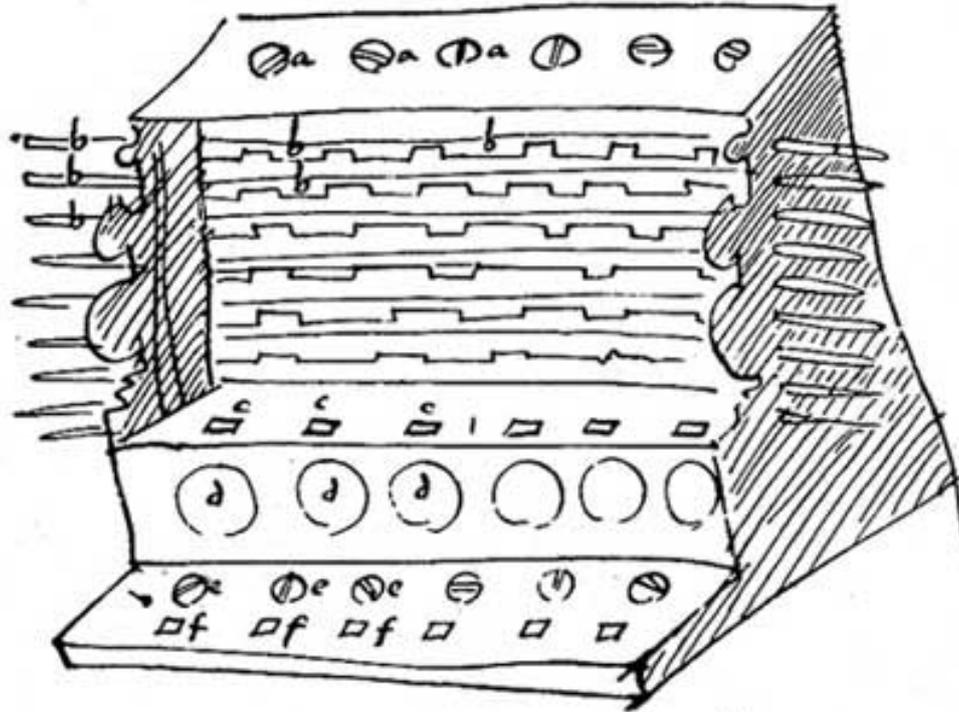


Figura 3.1: Boceto explicativo del mecanismo de la máquina

3.1 Dispositivo de multiplicación

El dispositivo multiplicador está compuesto por seis cilindros colocados de forma vertical en los cuales están inscritas las varillas de Napier (tablas de multiplicar), estos cilindros se pueden mover en sentido horario y anti-horario utilizando las respectivas seis perillas ubicadas en la parte superior de la máquina que están asociadas al movimiento de cada cilindro. En la parte frontal, cubriendo estos cilindros, se encuentran nueve placas ubicadas horizontalmente, estas placas incluyen una especie de ventanas a través de las que se pueden visualizar las varillas de Napier correspondientes, según el multiplicando y el multiplicador que se ha elegido.

El multiplicando lo colocamos en la primera fila con las perillas superiores, y el multiplicador va en la parte lateral que se elegirá con las paletas del lateral derecho, en los mismos están escritos los dígitos del uno al nueve, en caso de tratarse de un multiplicador de más de una cifra, se empieza realizando la multiplicación primero de las unidades del multiplicador, después por las decenas y así sucesivamente.

Los productos intermedios se suman mediante el dispositivo sumador incluido en la parte inferior de la máquina.

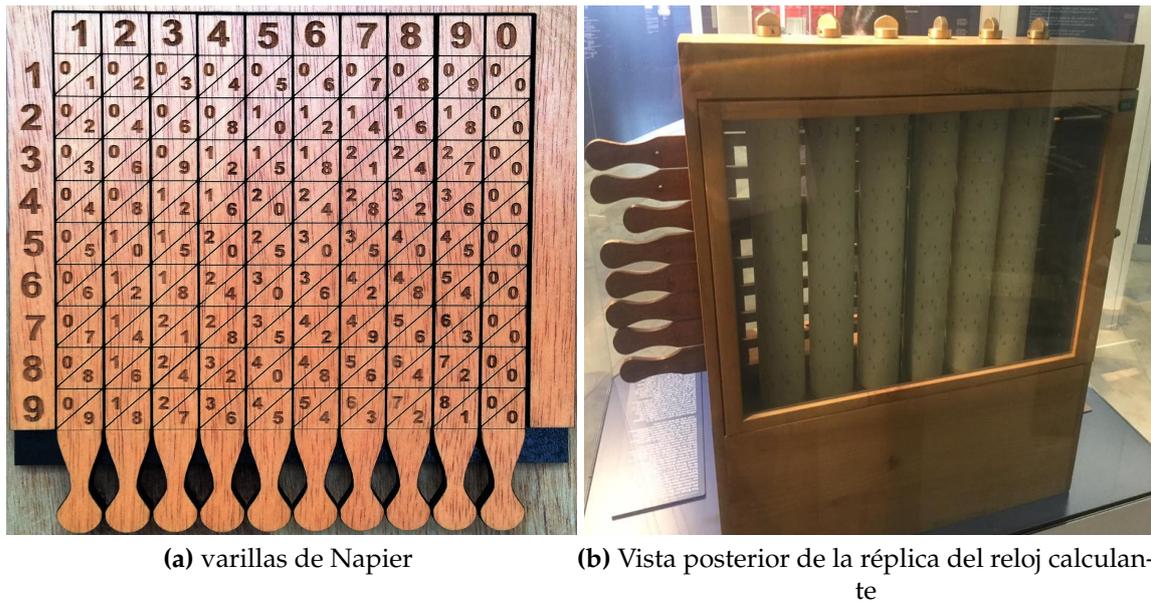


Figura 3.2: Dispositivo de multiplicación

3.2 Sumador

El sumador está conformado por un total de diecisiete grandes ruedas giratorias, estas están distribuidas en dos ejes. El primer eje se compone de seis ruedas dentadas (diez aberturas) colocadas en fila, cada una de estas ruedas tiene asociada a ellas una rueda piñón (rueda con un solo diente) que es la que se utiliza para generar el acarreo de las decenas, un cilindro en el que están inscritos los dígitos del cero al nueve. En el otro eje encontramos cinco ruedas dentadas al igual que el primer eje con diez dientes, colocadas en fila. La primera y la última rueda contando de izquierda a derecha tienen un comportamiento diferente respecto a las otras cuatro ruedas

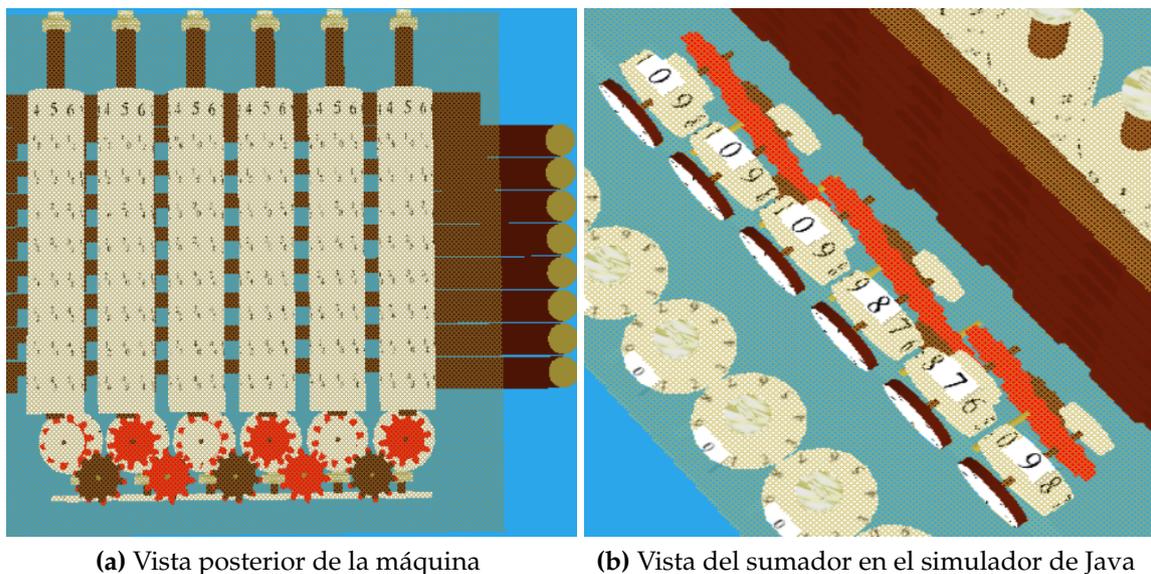
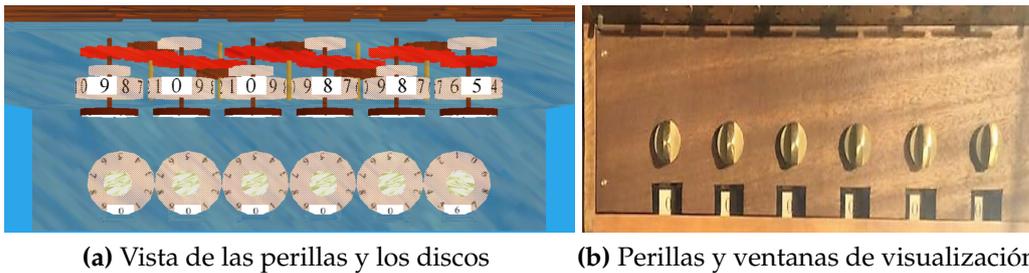


Figura 3.3: Dispositivo sumador

3.3 Mecanismo de grabación de resultados intermedios

Este mecanismo está compuesto por seis discos de rotación, la misma que se realiza a través de unas perillas que tienen inscritos los dígitos del cero al nueve, estos dígitos se pueden ver a través de las ventanas ubicadas en la última fila. Estos discos no están conectados con el mecanismo de cálculo del multiplicador ni a la del sumador, tampoco posee el mecanismo de acarreo de decenas que posee el sumador.



(a) Vista de las perillas y los discos

(b) Perillas y ventanas de visualización

Figura 3.4: Dispositivo para grabar resultados intermedios

3.4 La suma

El mecanismo para realizar las sumas con esta máquina es sencillo, teniendo en cuenta de izquierda a derecha, por cada diez giros que se realice con la sexta rueda, girará una sola vez la quinta rueda, esto implicará que incrementará en uno el número que se halle en ese momento en la quinta ventana, esto es lo que llamamos el acarreo. Este mismo proceso ocurre con las demás ruedas, exceptuando con la primera rueda, en este caso al llegar al noveno giro e intentar hacer el décimo, el mecanismo de la rueda piñón, explicado en apartado 2.3.2, no permite hacer efectivo el giro, la máquina poseía una campana que sonaba, indicando que se había producido desbordamiento.

El giro de la sexta rueda implica sumar uno al número que se haya fijado, la quinta rueda suma diez, la cuarta suma cien, la tercera suma mil, la segunda suma diez mil, la primera suma cien mil todo esto siempre y cuando el número sea menos que un millón.

3.5 La resta

El mecanismo utilizado para realizar restas con esta máquina resulta bastante similar al de la suma, explicado en 2.4. Difiere de el en que teniendo en cuenta de izquierda a derecha, por cada diez giros en sentido anti-horario que se realice con la sexta rueda, girará solo una vez la quinta rueda, lo que significa que el número que se visualiza en la ventana de la quinta rueda disminuirá en uno, esto ocurre

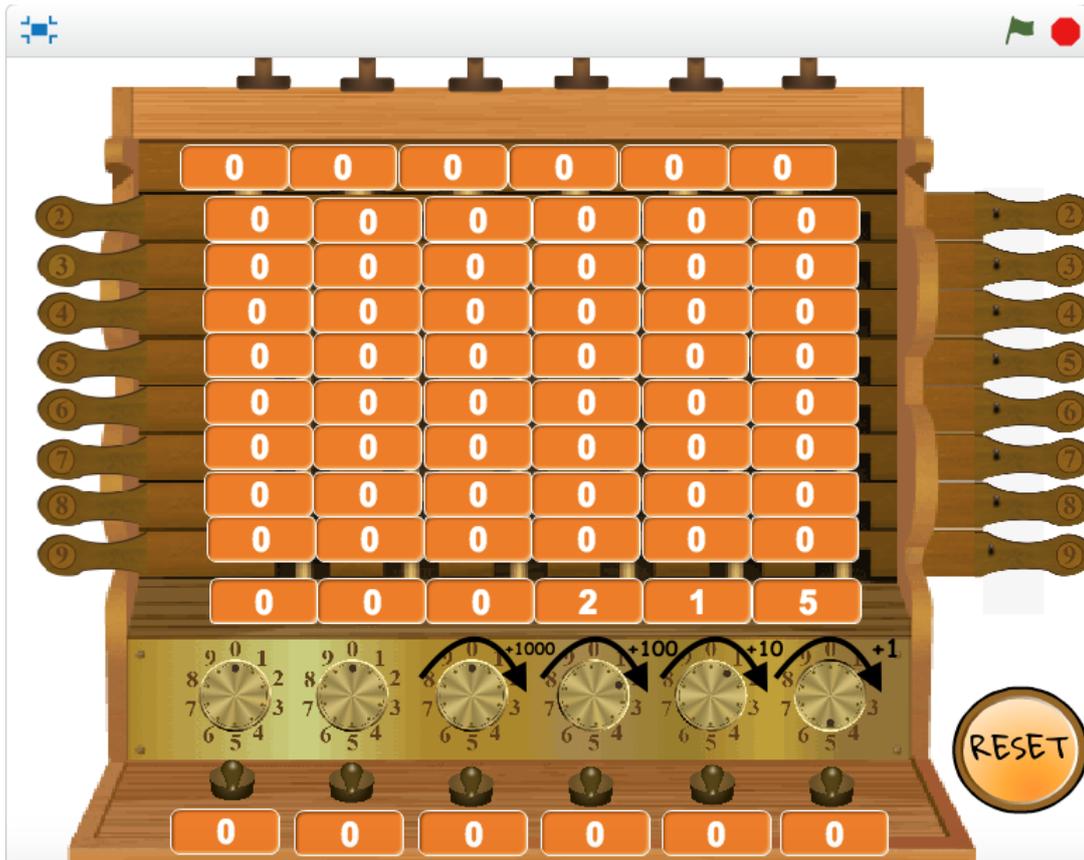


Figura 3.5: Ejemplo de suma

de igual manera para las otras ruedas siempre y cuando en la ventana de la rueda anterior se encuentre un valor distinto a cero.

Cada giro de la sexta rueda implica restar una unidad al número que se haya fijado, la quinta rueda le restara una decena, la cuarta resta una centena, la tercera resta mil, la segunda resta diez mil, la primera resta cien mil todo esto siempre y cuando como se comento anteriormente la ventana anterior tenga un número distinto de cero.

3.6 La multiplicación

La operación de la multiplicación implica el uso del sumador de la máquina y como es de esperar, también el dispositivo de multiplicación. Esta operación hace uso de las varillas de Napier. El multiplicando se coloca en la primera fila, en el caso del multiplicador, distinguiremos dos casos. El primer caso es cuando este tiene solo una cifra, entonces la multiplicación se reduce al desplazamiento hacia la izquierda de la paleta correspondiente a esa cifra y a continuación es cuando se utiliza el mecanismo de las varillas de Napier ya que con las perillas de números del sumador colocaremos los números que obtendremos de la fila (seis dígitos, uno por cada rejilla).

Empezando por la rejilla derecha y el recuadro, ya que esto puede resultar abstracto y ya tenemos disponible el simulador lo utilizaremos para ejemplificar

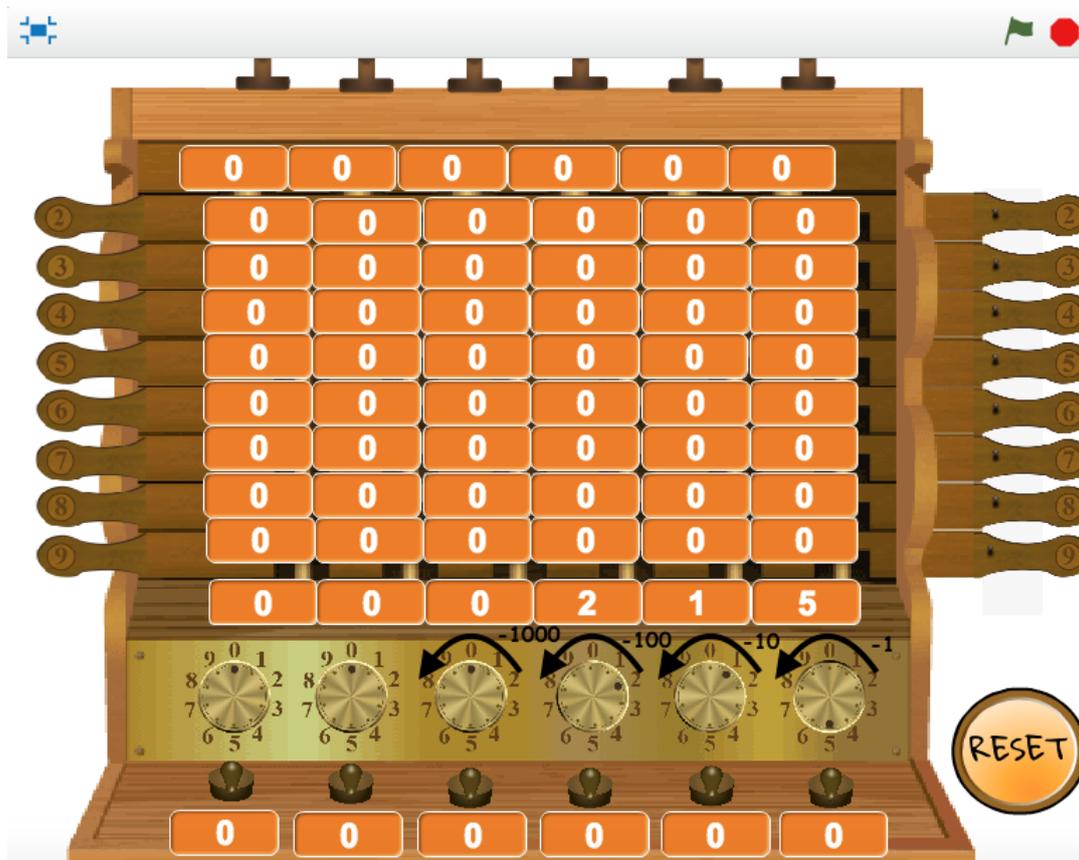


Figura 3.6: Ejemplo de resta

una multiplicación. En la Figura 3.7 se ha hecho un ejemplo de multiplicar 54×3 , en este caso solo dos de las seis cajas tiene valor, empezamos por la que está ubicada más hacia la derecha y nos quedamos solo con las unidades, en este caso 2, con las perillas del sumador damos dos clic sobre la rueda, para saber el número de giros que debemos hacer con las siguiente rueda nos fijamos en la siguiente ventana, aquí la unidad es 5 pero como de la caja anterior nos había quedado un 1, sumando estos dos valores tenemos un 6 que es el número de giros que realizaremos con la siguiente perilla, como aquí nos ha quedado un 1 en las decenas, con la siguiente perilla damos un giro y obtenemos el resultado esperado 162.

El segundo caso a tener en cuenta es cuando el multiplicador tiene dos o más cifras, en este caso se empieza siempre la multiplicación por las unidades del multiplicador. Para continuar con el ejemplo anterior, multiplicaremos 54×23 para esto seleccionamos la paleta correspondiente al dígitos de la unidad es decir 3, que se corresponde a lo que vemos en la Figura 3.7, a continuación a este resultado obtenido lo multiplicaremos por las decenas es decir por veinte, por lo que con la segunda perilla como se puede ver en la Figura 3.8 tendremos que hacer ocho giros (en sentido de las agujas del reloj) porque vemos un ocho en la fila correspondiente al dígito dos, con las siguiente ningún giro y con la cuarta un giro ya que tenemos un uno de acarreo de la ventana anterior. Con estos movimientos obtendremos el resultado correcto: 1242.

A modo de resumen, diremos que las ruedas con números que provocan movimiento en el sumador (de derecha a izquierda) las podemos ver en caso de tener un multiplicador de cuatro cifras como unidades, decenas, centenas, etc. Con esto

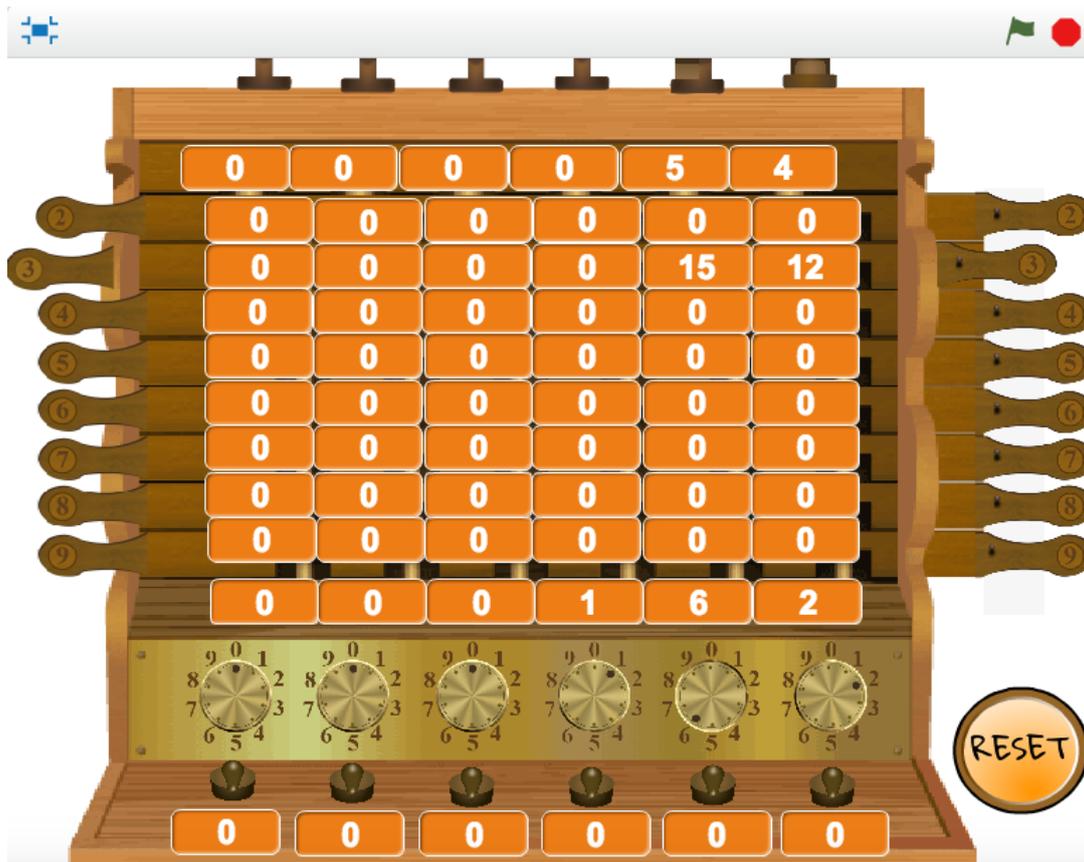


Figura 3.7: Ejemplo de multiplicación sencilla

se quiere decir que cuando estemos con las unidades del multiplicador realizaremos los giros con la primera rueda, a continuación cuando vayamos a multiplicar por las decenas, los giros los haremos con la segunda rueda, cuando llegemos a las centenas los giros los empezaremos con la tercera rueda, como este es un sumador, las sumas parciales se irán sumando, por lo que resulta de total importancia realizar los giros en el lugar adecuado, ya que de lo contrario podríamos obtener un resultado erróneo.

3.7 La división

La división es con diferencia quizá si no la operación más compleja, sí la más tediosa de realizar, para llevarla a cabo se hace uso del sumador de la máquina, pero para utilizarlo como un restador.

Para realizar la división colocaremos nuestro dividendo en el sumador, con las ruedas de números que hay en el, el divisor estará ubicado en la primera fila del dispositivo multiplicador. A continuación empezaremos a comparar con cada una de las paletas laterales. De la misma forma que hicimos con la división, pasaremos a explicar el funcionamiento con un ejemplo dividiremos 46472 entre 1256. Empezaremos con la fila 2, de esta fila obtenemos el número 25120, lo hemos sacado de irnos quedando con la unidad de cada una de las columnas de nuestro divisor intersección con la fila correspondiente.

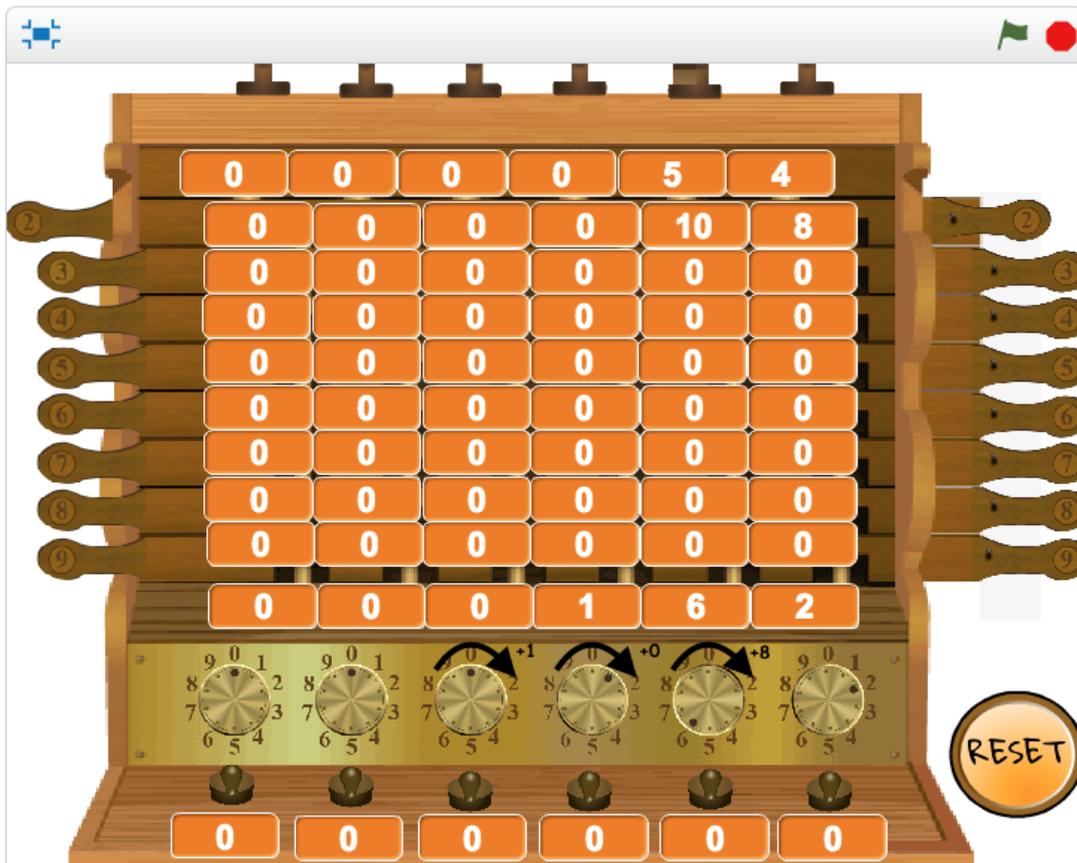


Figura 3.8: Multiplicación de dos cifras

En la columna del 6 nos quedamos con el dos en la del cinco tenemos un cero pero sumamos el uno de la columna anterior con lo que tenemos un uno. Para la columna del dos hacemos lo mismo, nos quedamos con el cuatro sumando el uno de la columna anterior y por último la columna del uno, al no tener acarreo de la columna anterior nos quedamos con el dos, tras este proceso hemos obtenido el número 25120 porque hemos multiplicado el número obtenido por diez ya que el dividendo y el divisor difieren en una cifra, si difieren en dos, multiplicaríamos por cien y así sucesivamente si dividendo y divisor no difieren en ninguna cifra entonces no se multiplica por ningún valor (realmente se multiplica por uno).

Procedemos ahora a comparar si este número es menor igual que el dividendo, como si lo es pasamos a la siguiente fila, la del tres. De esta fila obtenemos el 37680 que sigue siendo menor que el dividendo, pasamos a la fila del cuatro pero en este caso el número que obtenemos 50240 es mayor que el dividendo por lo que podemos decir que hemos encontrado la primera cifra de nuestro resultado: el tres, podemos escribirlo en el grabador de resultados para no olvidarlo.

El siguiente paso a seguir es restar al divisor, dado que antes hemos multiplicado por diez ahora nos desplazamos una rueda de números hacia la izquierda y en la segunda rueda contando de derecha a izquierda volvemos a fijarnos en la fila del tres. Para restar al divisor giramos en sentido opuesto al de las agujas del reloj ocho veces, en la tercera rueda restamos seis, en la cuarta siete y por último en la quinta tres La Figura 3.9 intenta servir para aclarar este largo proceso.

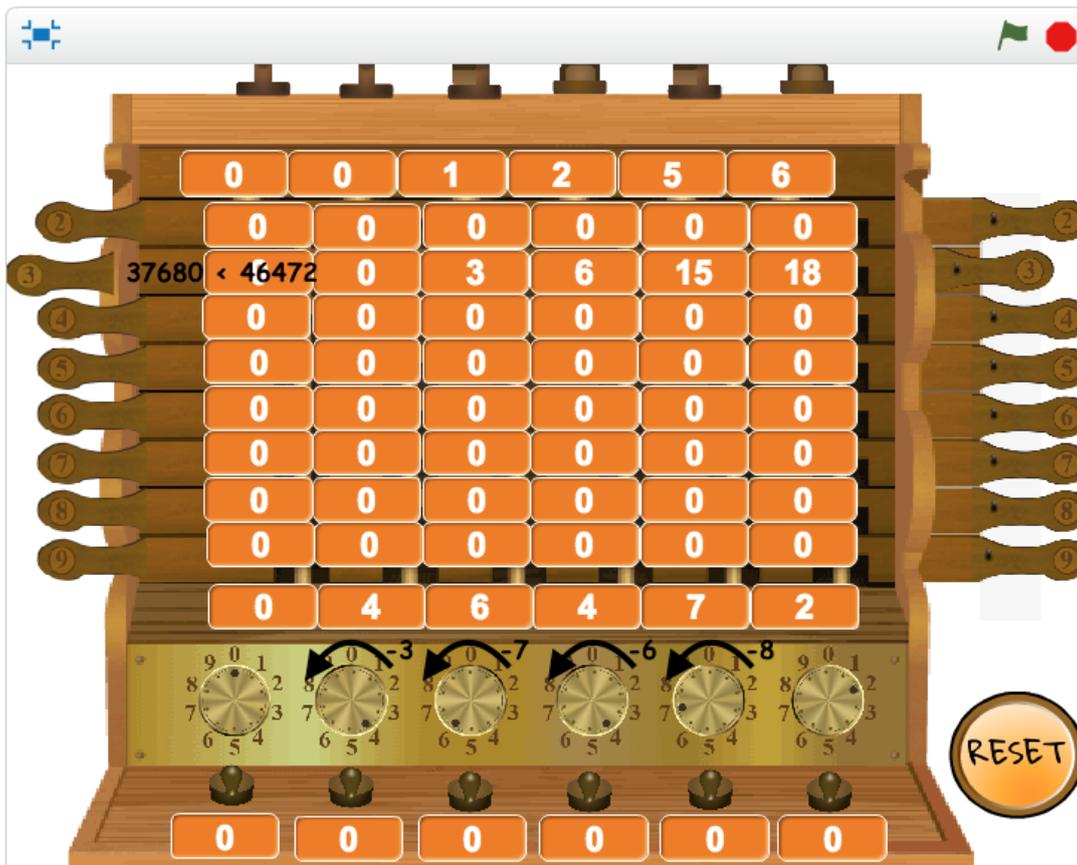


Figura 3.9: Ejemplo de división I

Con este nuevo divisor vamos a repetir el proceso anterior como anteriormente ya probamos con la fila del cuatro y obtuvimos 5024 (esta vez como dividendo y divisor no difieren en ninguna cifra se multiplica por uno) es menor que 8792 pasamos a la fila del cinco donde obtenemos el número 6280 que es menor que nuestro dividendo, en la sexta fila obtenemos el número 8792 que es igual a nuestro dividendo con lo que ya hemos encontrado nuestra siguiente cifra, el siete. El resultado de esta división es 37.

3.8 Mecanismo de acarreo

Para esta sección hemos de distinguir dos casos, el primero es la descripción del mecanismo que se infiere con la información brindada por las cartas de Schickard, y el segundo mecanismo a explicar será el que finalmente se utilizó en la primera réplica de la máquina. Empezamos por la primera explicación: según podemos extraer de [5] el mecanismo utilizado resulta poco complicado y fiable ya que como se puede observar en la Figura 3.11 cada vez que la rueda de diez dientes realiza un giro completo, solamente uno de los dientes encajaría con la rueda intermedia provocando un incremento al dígito inmediatamente superior en la siguiente rueda..

En cuanto al sentido de giro de las ruedas en la Figura 3.11 vemos que las dos ruedas giran en el mismo sentido, mientras que la rueda ubicada en el centro

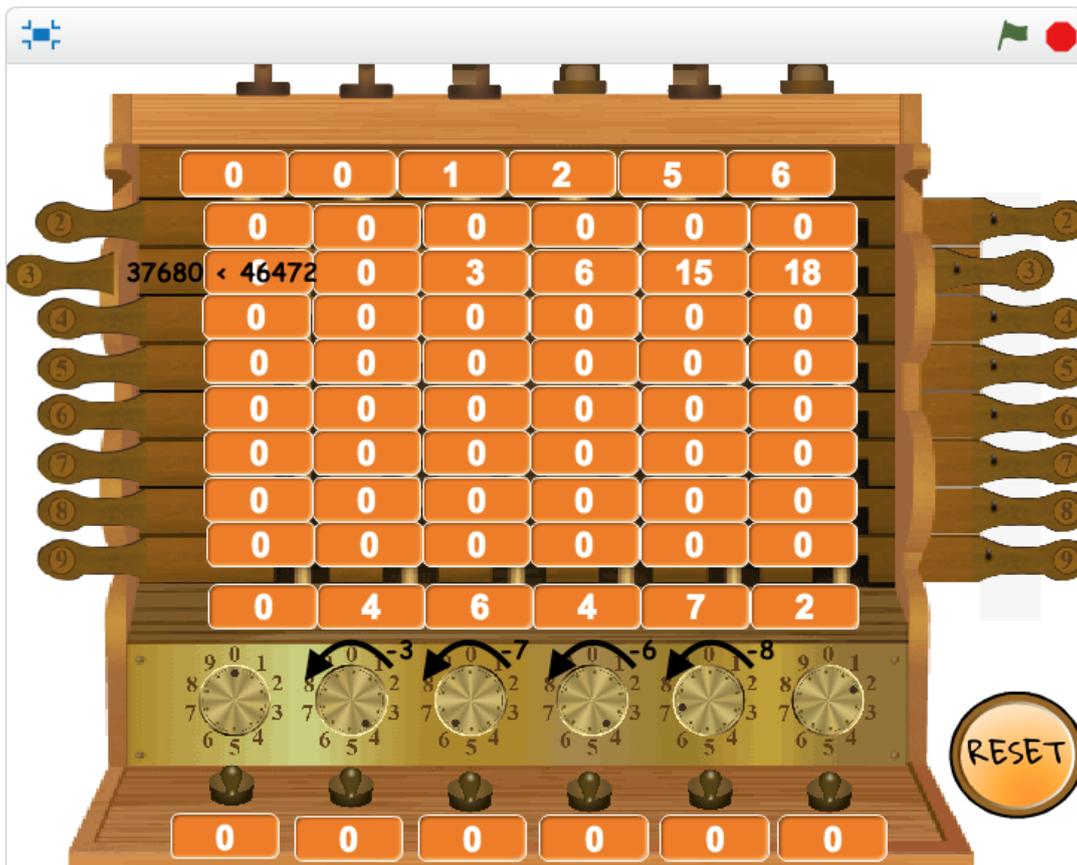


Figura 3.10: Ejemplo de división II

gira justamente en sentido opuesto, resulta bastante lógico e intuitivo ya que de lo contrario el giro realizado por la rueda de la derecha no tendría ningún efecto sobre la de la izquierda pero principalmente porque provocaría un bloqueo en la rueda intermedia y en el mecanismo.

El mecanismo utilizado finalmente en el desarrollo de la replica para poder gestionar el acarreo es el que se explica a continuación, en el sumador existen dos filas en la primera hay seis ruedas dentadas que se activan con el movimiento de las ruedas con números ubicadas en el panel frontal del sumador, la segunda fila consta de cinco ruedas dentadas y su movimiento lo provocan las ruedas de la primera fila, son realmente las que se encargan del acarreo.

Cada una de las ruedas de la primera fila consta de dos elementos, una rueda con diez dientes y una rueda con un solo diente pero están dispuestos en orden diferente, así visto desde un ángulo posterior y contando de izquierda a derecha, las ruedas colocadas en la posición uno, tres y cinco tienen la rueda piñón de un diente sobre la rueda dentada mientras que en las ruedas de las posiciones restantes, es la rueda dentada la que se encuentra sobre la rueda piñón, realmente no se encuentran en contacto sino unidas a través de un eje que está comunicado directamente con el selector numérico.

En la segunda fila nos encontramos con diez ruedas dentadas de dos tipos diferentes: el primer tipo de rueda ya se ha comentado en el párrafo anterior, es una rueda con diez dientes. El segundo tipo es una rueda especial que tiene como característica fundamental que sus puntas están cortadas, la disposición de

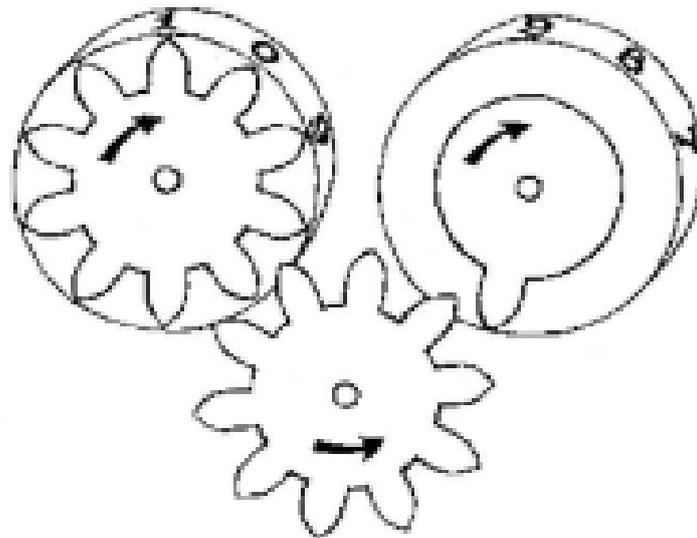


Figura 3.11: Movimiento de engranajes en resta



Figura 3.12: Mecanismo de acarreo

estas es similar al del primer eje, en las ruedas primera tercera y quinta, la rueda recortada esta sobre la rueda de diez dientes mientras que en las otras ruedas la posición es la opuesta.

Las ruedas de diez dientes del primer eje provocan un incremento que se puede visualizar en el selector, un giro de la rueda de un diente y cuando esta ultima ha girado un total de diez revoluciones desencadenará un movimiento sobre las ruedas intermedias que a su vez provocara que la ruda ubicada a su derecha incremente en uno su valor, si se trata de una suma.

En la Figura 3.11¹¹ podemos ver una foto real de la réplica, en ella observamos las ruedas sin punta que se han mencionado y la rueda de un solo diente

¹¹http://ds-wordpress.haverford.edu/bitbybit/wp-content/uploads/2012/07/Chapter_1-21a.jpg

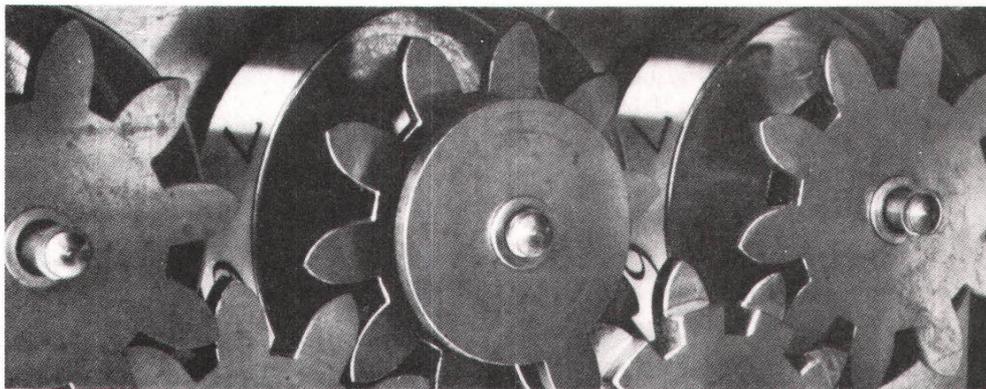


Figura 3.13: Acarreo en engranajes

CAPÍTULO 4

Diseño e implementación del simulador del reloj calculante en Scratch

En el presente capítulo se detalla el proceso de desarrollo que ha tenido lugar para lograr obtener el simulador del reloj calculante utilizando Scratch, empezando por el diseño gráfico elegido para la máquina, la explicación de cómo se ha implementado las cuatro operaciones disponibles y se detalla los objetos que poseen funcionalidad.

4.1 Programación en Scratch

Scratch es un lenguaje de programación visual libre orientado a la enseñanza¹² principalmente para niños y adolescentes, gracias a sus muchas ventajas resulta muy útil para la iniciación al mundo de la programación a personas que tienen poco o ningún conocimiento técnico sobre programación ya que se trata de un lenguaje intuitivo con una interfaz gráfica bastante sencilla. Se puede pensar en el como si de un gran rompecabezas se tratara, lo que facilita saber si se está haciendo algo bien o mal dependiendo si las piezas encajan o no. Utilizando scratch se pueden realizar varias tareas como crear una amplia gama de juegos tanto sencillos como la recreación de juegos clásicos, animaciones y también crear una serie de historias interactivos, cuentos, etc.

La programación en Scratch como se ha comentado ya, resulta bastante intuitiva entre otras cosas por el hecho de que no se necesita memorizar ningún tipo de comando ya que todo lo que necesitamos podemos encontrarlo en el mismo panel y basta con arrastrar el elemento deseado hacia nuestro lugar de trabajo. En cuanto al tratamiento de errores, se podría decir que los programas que se pueden realizar, es decir las piezas que encajan siempre tienen sentido es decir siempre realizarán algo pero si no hacen lo que se desea, ver como funciona y lo que ocurre en el escenario resultará una guía para saber donde está el error.

¹²Definición de Scratch en Wikipedia

Scratch está disponible para utilizarlo en nuestro ordenador local y también podemos utilizarlo mediante un navegador directamente desde su sitio web ¹³, no siendo necesario en este caso, utilizar nuestro propio ordenador local. El proyecto en el que se está trabajando puede ser descargado en el ordenador local si se está trabajando desde la web de Scratch y también es posible cargar desde nuestro ordenador un proyecto a la web de Scratch. En los sub apartados que vienen a continuación, describiremos los principales elementos de Scratch que se han utilizado para el presente proyecto.



Figura 4.1: Logo Scratch

4.1.1. Interfaz de Scratch

El escenario es el lugar en donde se colocan los objetos, donde se pueden observar los movimientos de los mismos, tiene la opción de poder visualizarlo en pantalla completa. En la Figura 4.2¹⁴ podemos ver un esquema del interfaz que se describirá brevemente. En la lista de objetos es donde residen todos los elementos que se están utilizando en el proyecto, sobre esta lista encontramos un menú de botones desde los cuales podremos añadir un nuevo objeto ya sea desde nuestro ordenador local o desde la biblioteca de Scratch, dibujarlo.

La paleta de bloques se explicará a continuación con más detalle pero es donde reside todas las posibilidades de dar funcionalidad a los objetos, otra de las pestañas disponibles es la de disfraces, en esta es posible añadir tantas imágenes como se deseen sobre un mismo objetos en distintas posiciones lo que provoca un efecto de animación.

El área de programas existe para cada uno de los diferentes objetos existentes es aquí donde armamos nuestro rompecabezas pudiendo existir tanto bloques como se quiera. La barra de herramientas permite entre otras cosas duplicar objetos, hacerlos más grandes o más pequeños, así como también borrarlos y moverlos

¹³<https://scratch.mit.edu/>

¹⁴http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/SCRATCH_GuiaReferencia_Ver1_3_1.pdf

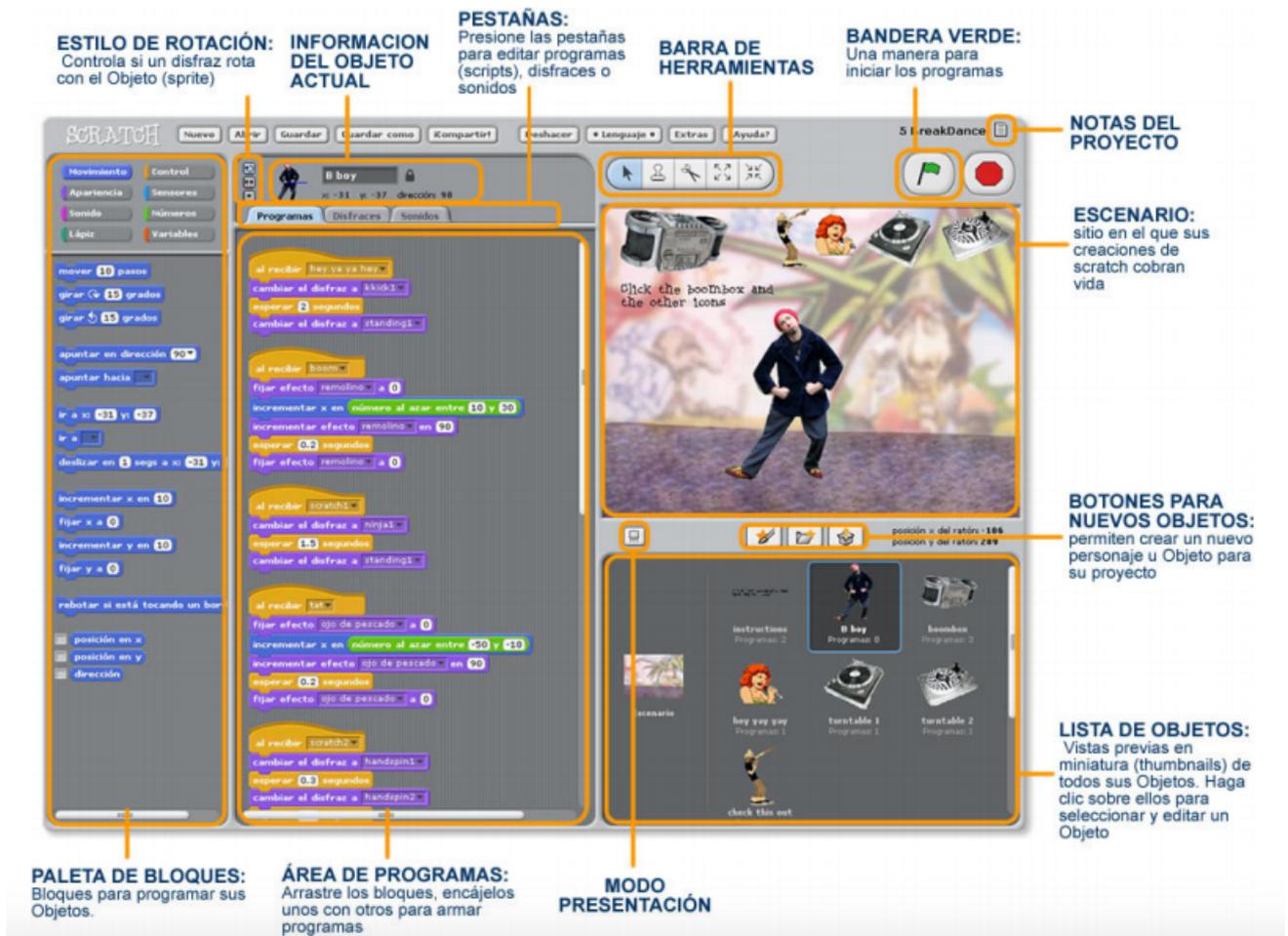


Figura 4.2: Interfaz de Scratch

4.1.2. Menú de bloques

Hay distintos tipos de bloques como se puede observar en la Figura 4.3, están agrupados por tareas comunes. A continuación detallaremos los bloques que han realizado útiles para la realización del presente trabajo conjuntamente una breve descripción de lo que contiene cada uno y principalmente los que se han utilizado. Los de movimiento, como su nombre lo indica permite realizar movimientos de los distintos objetos que tengamos en nuestro escenario pudiendo lograr que realicen un número determinado de pasos, que apunten a una determinada dirección, desplazarse a un punto determinado en el eje X o en el eje Y, moverse hasta determinado punto basándose en ambas coordenadas también rebotar en caso de tocar algún borde del escenario.

El bloque de apariencia ha resultado fundamental en este proyecto ya que es en el donde encontramos opciones para simular una animación de los objetos utilizando los disfraces desde esta opción se puede cambiar los disfraces ya sea por nombre o por número, desde aquí también podemos hacer que los objetos aparezcan o desaparezcan.

En el bloque de sonido, tenemos la opción de poder asociar a un bloque de un objeto algún tipo de sonido ya sea por un determinado intervalo de tiempo que se elija o el tiempo por defecto, Scratch ofrece una serie de sonidos por defecto

incluidos pero también ofrece la posibilidad de grabar nuestro propio sonido, o cargar un sonido que tengamos almacenado en nuestro ordenador local pero para poder usarlo aquí, previamente hay que cargarlo desde la pestaña de sonidos que se puede observar en la Figura 4.3.

El bloque de datos es el que permite crear todas las variables que se necesitan para el desarrollo del proyecto, también dispone de la opción de realizar operaciones sobre estas mismas variables como por ejemplo fijarlas a un determinado valor, cambiar el valor actual de la variable por otro que se desee, se tiene la opción de mostrar o esconder dichas variables.

Los eventos es uno de los bloques más importantes ya que son estos los que desencadenan el inicio de varias acciones, aquí podemos seleccionar cuando inicia un bloque de instrucciones, puede ser al presionar la bandera verde, al hacer clic en el objeto que esta programado, o al recibir otro evento. Es mediante este bloque que podemos también enviar mensajes desde el objeto actual.

En cuanto al bloque denominado control encontramos piezas fundamentales para armar nuestro rompecabezas particular, aquí hallamos los bloques de condiciones, estos permiten por ejemplo repetir lo que se encuentra dentro del mismo una determinada cantidad de veces, así como también comprobar primero que se cumple una cierta condición para poder ejecutar los bloques encerrados de esta condición la opción complementaria es también comprobar si se cumple la condición se ejecutará ciertas acciones y si no se cumple entonces se ejecutarán otras acciones, esta disponible la opción de realizar una serie de acciones de manera infinita, esperar hasta que se cumpla cierta condición para poder ejecutar determinadas acciones.

El bloque de operadores, tiene contenidas las operaciones básicas de suma, resta multiplicación y división, los operadores de comparación todos estos de dos operandos. Encontramos también los dos principales operadores lógicos conjuntamente con la negación, estos operadores permitirán elaborar las condiciones que se utilizarán en el bloque de control donde sean necesarias.



Figura 4.3: Menú de bloques de Scratch

Scratch ofrece la posibilidad de realizar un trabajo colaborativo y permite que se pueda difundir el trabajo realizado a través de la web de Scratch y así poder modificar proyectos, mejorar o corregir algún fallo que se detecte, basarse en los distintos proyectos existentes para poder solucionar cualquier inconveniente que se presente durante la realización del propio proyecto.

4.1.3. Escenarios y Objetos de Scratch

El escenario es el recuadro blanco que es en el que se colocan todos los objetos inicialmente se encuentra en vacío, pero existen en el propio Scratch varios escenarios disponibles, la opción de dibujar un escenario con las herramientas de dibujo que se hallan en el lado derecho de la pantalla, por último tenemos la opción de poder cargar nuestro escenario personalizado desde el ordenador en el que nos encontremos trabajando, podremos tener una gran cantidad de distintos escenarios que pueden ser cambiados por medio de eventos, que se explicarán a continuación.

En cuanto a los objetos de Scratch ocurre algo similar se pueden crear objetos, agregarlos al proyecto desde archivos ubicados en el ordenador, tomar fotos utilizando la cámara del ordenador. Los objetos pueden aparecer o desaparecer de los escenarios según sean programados, se pueden también duplicar los objetos en caso de ser necesario.

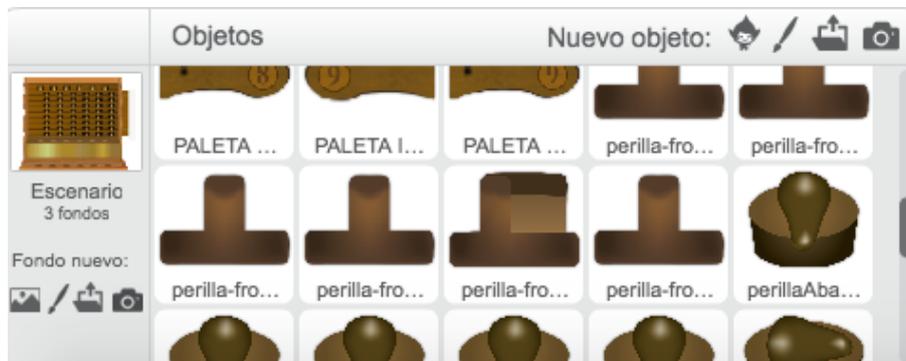


Figura 4.4: Escenarios y objetos de Scratch

4.1.4. Eventos en Scratch

El concepto de evento en Scratch es un conjunto de acciones disponibles que cuando ocurran provocarán que tengan lugar las acciones que previamente se han programado, se puede ver como una forma de gestionar un tipo de concurrencia. En la Figura 4.4 vemos todos los eventos disponibles, el primer evento ejecutará las acciones determinadas en cuanto el usuario de clic en la bandera verde ubicada en el escenario.

A continuación vemos el evento que activa acciones programadas cuando el usuario presione una determinada tecla entre las teclas disponibles están las letras del abecedario, los números del cero al nueve, la tecla espacio y las fechas o cualquier otra tecla pero esto no es recomendable porque puede inducir a un comportamiento erróneo sin diseñarlo.

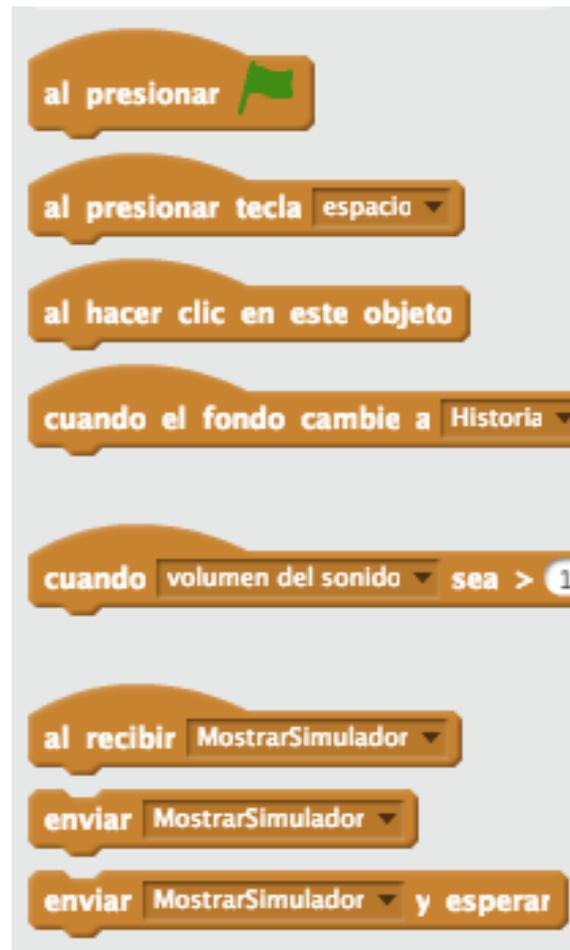


Figura 4.5: Posibles eventos en Scratch

Un evento que se ha utilizado en este proyecto en varias ocasiones ha sido el evento que se activa cuando se hace clic en un determinado objeto cabe resaltar que si el objeto es demasiado pequeño hay que ser muy cuidadoso y preciso al dar clic ya que de lo contrario el evento no tendrá lugar. Otro evento que se ha utilizado para el desarrollo del simulador ha sido el asociado a la recepción de un mensaje, desde un objeto se enviará un mensaje a otro objeto y si este tiene programado un evento asociado al mensaje recibido entonces se ejecutará el bloque de acciones que hay en el.

4.1.5. Disfraces

Esta herramienta de Scratch resulta de mucha utilidad en caso de tener la intención de simular la animación de un determinado objeto cambiando así el aspecto del objeto. En la misma biblioteca de Scratch podemos encontrar varios ejemplos disponibles para realizar animaciones como se puede ver en la Figura 4.5.

Por otro lado también está la posibilidad de añadir disfraces desde nuestro ordenador local. Los pasos a seguir en caso de decantarse por esta segunda opción es dar clic en el icono de carpeta (cargar disfraz desde archivo), a estos disfraces



Figura 4.6: Posibles eventos en Scratch

se le pueden hacer modificaciones desde el panel de dibujo que aparece, como se puede ver en la Figura 4.6.

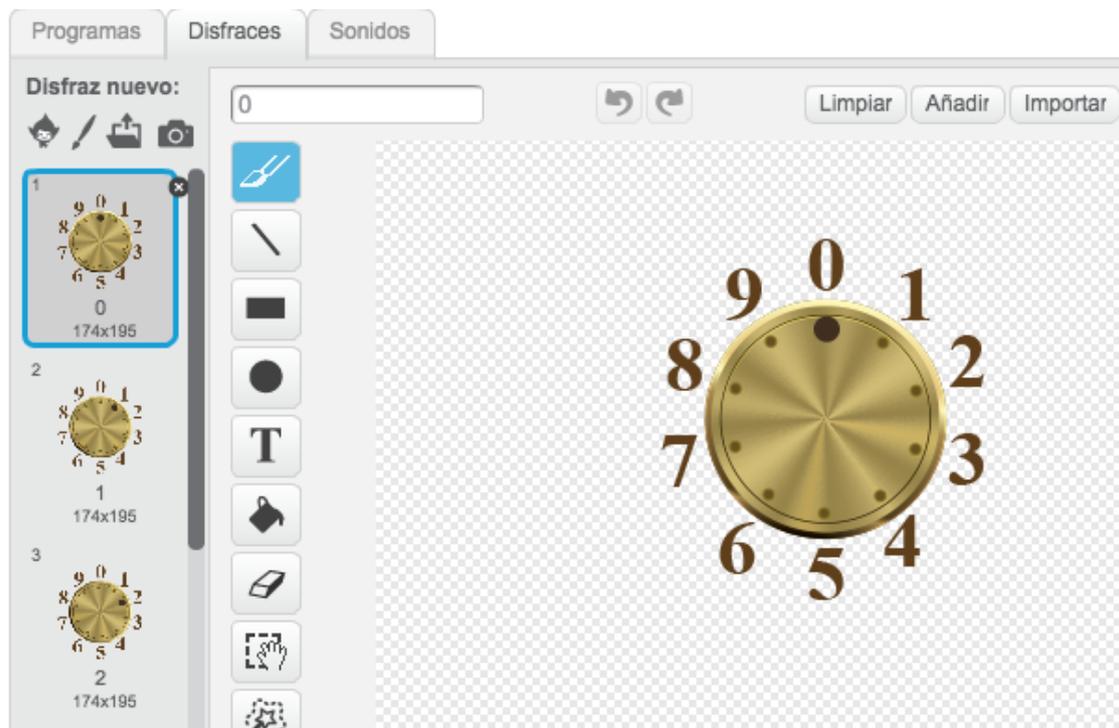


Figura 4.7: Posibles eventos en Scratch

4.2 Aspecto Gráfico

En el diseño de la ilustración del reloj calculante se ha utilizado el programa Adobe Illustrator CC17, este programa fue inicialmente pensado solo para poder ser ejecutado en sistemas *Macintosh* abriendo posteriormente su difusión para otros sistemas operativos, Adobe es un editor de gráficos vectoriales en forma de taller de arte que trabaja sobre un tablero de dibujo, conocido como «mesa de trabajo» y está destinado a la creación artística de dibujo y pintura para ilustración.¹⁵ Adobe Illustrator ofrece una serie de opciones creativas tiene una amplia gama de herramientas y filtros, efectos para hacer este tipo de ilustraciones realistas utilizando simplemente una foto como base.

¹⁵Definición de https://es.wikipedia.org/wiki/Adobe_Illustrator



Figura 4.8: Adobe Illustrator logo

A continuación se detallan los tres pasos realizados para la ilustración del reloj calculante:

1. **Dibujo o vectorización lineal:** Se coloca en el área de mesa de trabajo de Adobe Illustrator CC17 la imagen de la calculadora previamente descargada de internet en el formato de comprensión de imágenes jpg (*Joint Photographic Experts Group*) y tamaño en píxeles de 640x680 a 75dpi (puntos por pulgada), se crea una capa para el fondo para dicha imagen y así poder dibujar encima de esta. Para esto se utilizó la herramienta “pluma” y se procedió a dibujar o vectorizar la calculadora. Hay varias formas de dibujar o vectorizar, en esta ocasión se lo hizo por partes separadas, detalles como los de la madera de los laterales y frontales, las perillas de arriba y abajo, las paletas de números del lateral izquierdo y derecho todo esto se dibujó digitalmente con dicha herramienta y en algunos detalles como sombras de perspectiva se utilizó la herramienta “lápiz”. Una vez dibujado o vectorizado toda la calculadora con sus respectivos detalles, se pasó a continuación al siguiente paso.
2. **Tinturación, texturas, efectos y sombras:** Para realizar ese paso se crean varios tonos de color y texturas de madera según la parte del reloj calculante, tratando de que se asemeje a las texturas reales, utilizando herramientas como “lápiz, pluma, pincel, rociar, malla”, se tintura en tonos que van desde el naranja hasta el café. En las perillas redondas con números se utilizó varios círculos con distintos efectos de degradado y transparencias desde el café y dorado, efectos de luz y sombras, en las perillas de arriba y las últimas de abajo, se utilizó efectos de sombra y degradado con malla. Así se fueron puliendo texturas, tonos de color, sombras, efectos de luz y degradados en la calculadora comparando los detalles con la imagen, a continuación, el siguiente paso.
3. **Cambios en tamaños de imagen, recortes y separación de piezas:** Una vez ya concluida la ilustración de la calculadora, se modificó los tamaños y formatos, como es obvio el formato “.ai” de ilustrador no sirve para subir al entorno de trabajo de Scratch para la programación y funcionamiento de la calculadora. Es por este motivo que se tuvo que guardar para páginas web en

formato PNG (Gráficos de red portátiles) en una resolución de 75 DPI. Se trató de guardar en un mejor tamaño y resolución, pero Scratch no lo permitía, mientras mayor resolución mayor era el píxel, pero si a la imagen se la hacía más grande con una resolución de 75 DPI resultaba ser una buena opción para que se vea mejor en Scratch y así solo se reducía el tamaño en dicho programa. Por este hecho esto se guardo individualmente tanto paletas laterales, perillas redondas, perillas de arriba y abajo y así se puede visualizar mejor en Scratch.

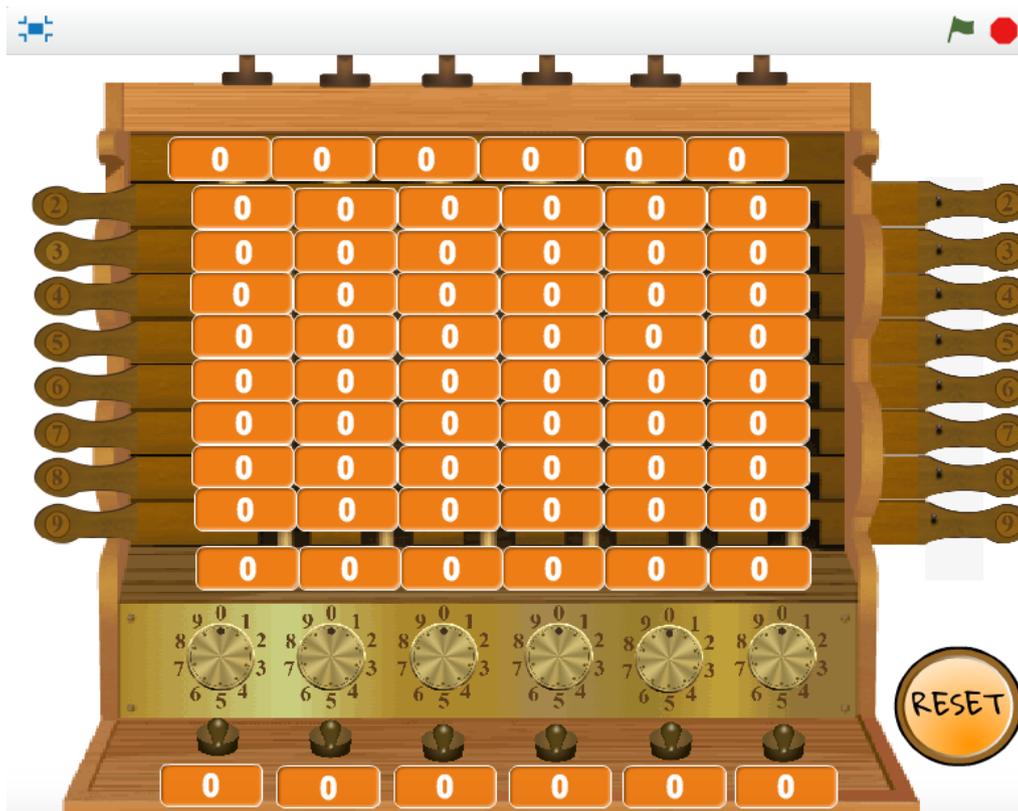


Figura 4.9: Aspecto del simulador en Scratch

4.3 Objetos con funcionalidad

La decisión en la implementación se ha tomado teniendo en cuenta que el proyecto debe tener una calidad visual aceptable por lo que para el diseño del dispositivo de multiplicación en lugar de utilizar imágenes que aunque serían fiel reflejo de la réplica y los dibujos de los bocetos en cambio se perdería calidad. Por lo que se decidió que cada celda del panel frontal de la máquina original se represente mediante lo que en Scratch se conoce como variables, cada una de estas tomará el valor resultado de multiplicar el valor de la primera fila multiplicado por el valor de la paleta lateral.

Cada una de estas variables está programada para recibir en primer lugar y como primer operando el valor que se elija con las perillas superiores y que se visualizará en la primera fila y en segundo lugar, como segundo operando el

valor seleccionado con las paletas laterales. La operación que se realiza con ambos operandos es como se puede imaginar la multiplicación.

4.3.1. Perillas superiores

Las perillas que encontramos en la parte superior de la máquina como se puede observar en la Figura 4.8, son seis y las hemos denominado perillas superiores por su ubicación, estas son las que provocan el incremento o decremento, de cada uno de los recuadros que podemos observar en la primera fila del módulo de multiplicación, en estos recuadros podremos tener valores desde el cero hasta el nueve.

El movimiento lo realizamos dando clic sobre las perillas en caso de querer hacer un incremento, si lo que queremos es realizar un decremento se deberá mantener presionada la flecha izquierda del teclado y después hacer clic en la perilla sobre la que queremos realizar el movimiento. Para hacer un poco más entretenido el simulador se ha optado por asociar también a este objeto un sonido cada vez que se hace clic sobre el.

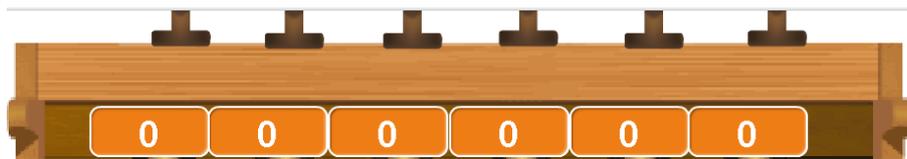


Figura 4.10: Perillas superiores

4.3.2. Paletas laterales

El simulador, al igual que la máquina original consta de ocho paletas y en scratch se han diseñado como objetos independientes, cada una de las paletas tiene inscrito los dígitos del dos al nueve. Cada vez que damos clic sobre alguno de estos objetos se produce un desplazamiento hacia la izquierda, también se puede escuchar un sonido cuando esto ocurre y además la paleta izquierda asociada a esta también se desplaza a la izquierda.

4.3.3. Perillas del sumador

Estas seis perillas se encuentran ubicadas en el sumador, cada una de estas es un objeto en Scratch. Para que el funcionamiento sea lo más parecido al de la máquina real se ha optado por lo siguiente: para emular el giro en sentido horario, se debe hacer clic sobre cada una de las ruedas, si lo que se desea es que el giro sea en sentido anti-horario se debe mantener presionada la flecha izquierda del teclado y a continuación hacer clic en la rueda correspondiente.

Como se puede observar en la Figura 4.11 cada una de las ruedas tienen inscritos los dígitos del cero al nueve, el movimiento que se realiza en cada rueda se puede visualizar en el recuadro que aparece sobre dicha rueda. En esta ocasión



Figura 4.11: Paletas laterales

también se ha asociado un sonido que tendrá lugar cada vez que se produzca un giro.

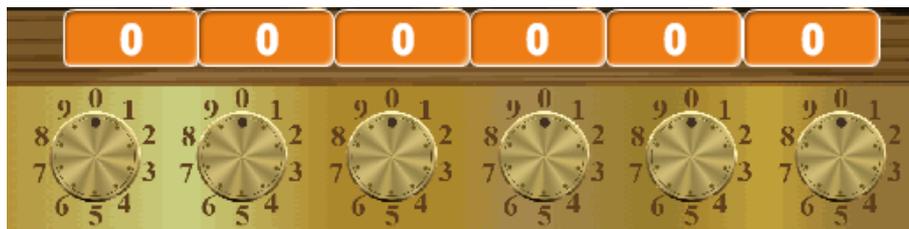


Figura 4.12: Perillas sumador

4.3.4. Perillas del grabador de resultados

Estas seis perillas están ubicadas en el dispositivo de grabación de resultados, cada una de estas tiene su respectivo disfraz para simular el cambio de posición de las perillas cuando se da clic en ellas. Al igual que los elementos anteriores, las perillas pueden girar en sentido horario si hacemos clic sobre la perilla deseada y también antihorario si mantenemos presionada la flecha izquierda del teclado y a continuación un clic en la perilla. Los giros provocan la aparición de cifras del cero al nueve en la ventana asociada a esa perilla. Tiene también un sonido asociado a los dos tipos de giros disponibles.



Figura 4.13: Perillas grabador de resultados

4.3.5. Botón de reset

El botón *reset* se encarga de ubicar en la posición inicial las perillas superiores, las paletas laterales tanto las ubicadas a la izquierda y a la derecha, las perillas del dispositivo de grabación de resultados todos los objetos, también de poner a cero cada uno de los recuadros de las variables del dispositivo multiplicador, del sumador y del dispositivo grabador de resultados.

La decisión de añadir este botón al simulador se debe a que, en caso de que otro usuario intente interactuar con el simulador, puede mover uno o varios de los objetos del escenario sin quererlo, lo que provoca que no se visualice correctamente por lo que es una buena idea colocar en sus respectivas coordenadas iniciales cada objeto. Este botón solo aparece cuando el escenario es el correspondiente al del simulador.



Figura 4.14: Botón de reset

4.4 Programación de operaciones

Para la implementación del sumador, se han distinguido entre dos posibles opciones: La primera resulta útil en el caso de querer realizar una suma, para esto se ha implementado un contador, con la particularidad de que se ha tenido en cuenta el acarreo para que su funcionamiento sea igual que el de la máquina original. Como se muestra en la Figura 4.14, que corresponde a la programación de la rueda con números del sumador ubicada en sexto lugar contando de izquierda a derecha.

El bloque de condición que engloba los otros dos, nos permite distinguir si se trata de un incremento del contador, el primer bloque dentro de este permite comprobar si hemos llegado al número máximo con el que puede trabajar la máquina (novecientos noventa y nueve), esta comprobación se realiza verificando si la primera rueda es igual a nueve, si este es el caso, fijaremos a nueve la variable asociada a la actual rueda.

Para que el funcionamiento sea igual al que se asume fue el del original, en caso de tener un nueve en la última rueda contando de izquierda a derecha, se produce un acarreo por lo que suena una campana para indicarlo conjuntamente con un mensaje y la ventanilla con el número se queda permanentemente con el nueve fijo.

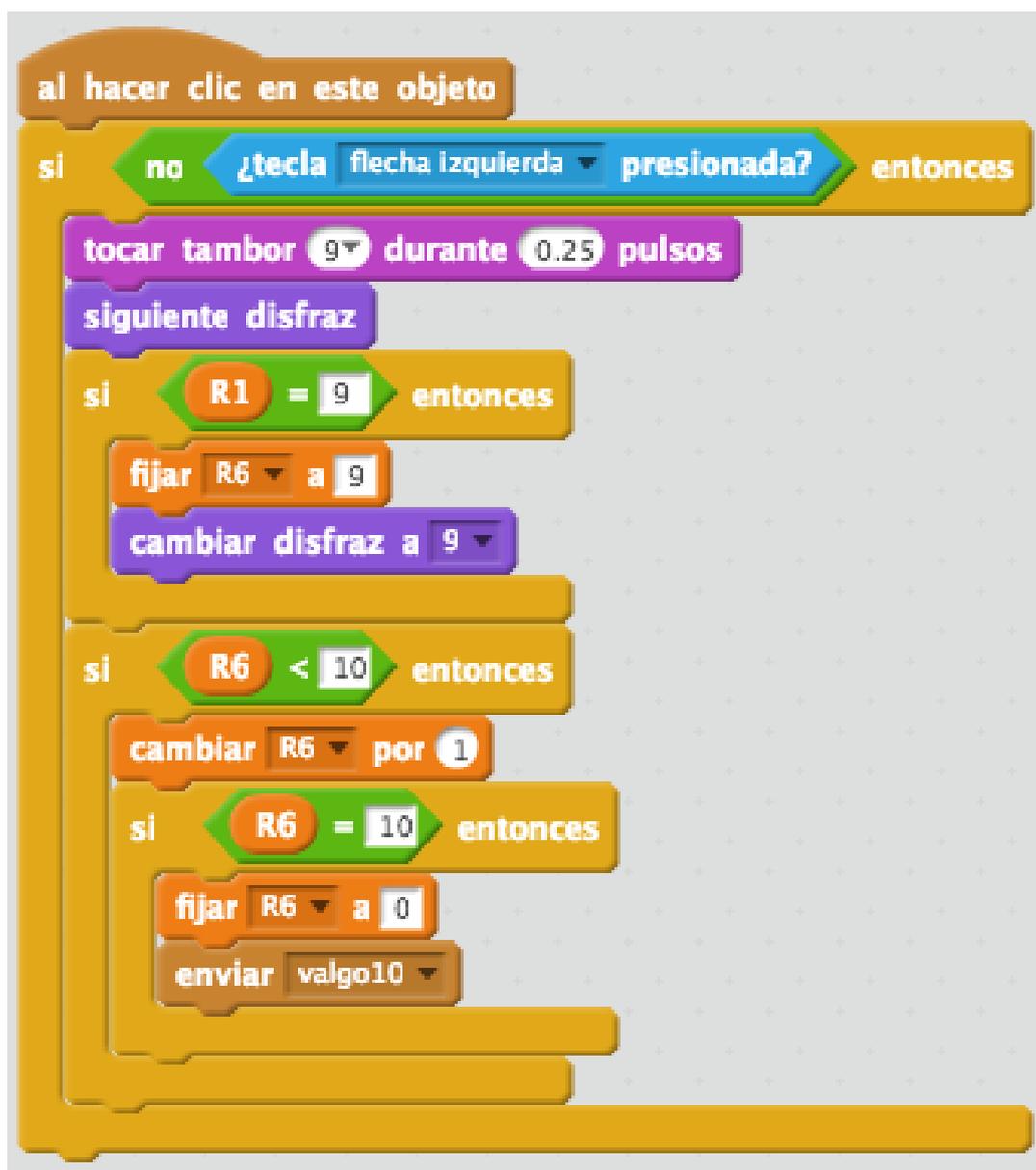


Figura 4.15: Bloque de programación para la suma

El mismo sumador se encarga también de la resta, en la Figura 4.15 se puede observar el bloque que la controla en sí es muy parecido al bloque de la suma con sus lógicas diferencia. Los aspectos a destacar en este bloque que en esencia es un contador que decrementa en una unidad cada vez, pero además se encarga de comprobar que no se opere con números negativos, es decir antes de realizar un decremento con la pieza en verde observamos si los números de las ventanas anteriores asociadas son igual a cero, si este es el caso se fijará en número de la ventanilla a cero y se mostrará un mensaje.

Para realizar el funcionamiento del dispositivo de multiplicación, solamente se ha asociado al movimiento de las perillas superiores un contador, que son variables de Scratch, cada clic en este objeto implica un incremento en su respectiva variable y cada perilla hará el papel de multiplicador, una vez elegida la paleta, esta acción dará paso para establecer el multiplicando. Y realizando una multi-

plicación obtenemos en la fila, el resultado de multiplicar el número asociado a cada perilla por la paleta.

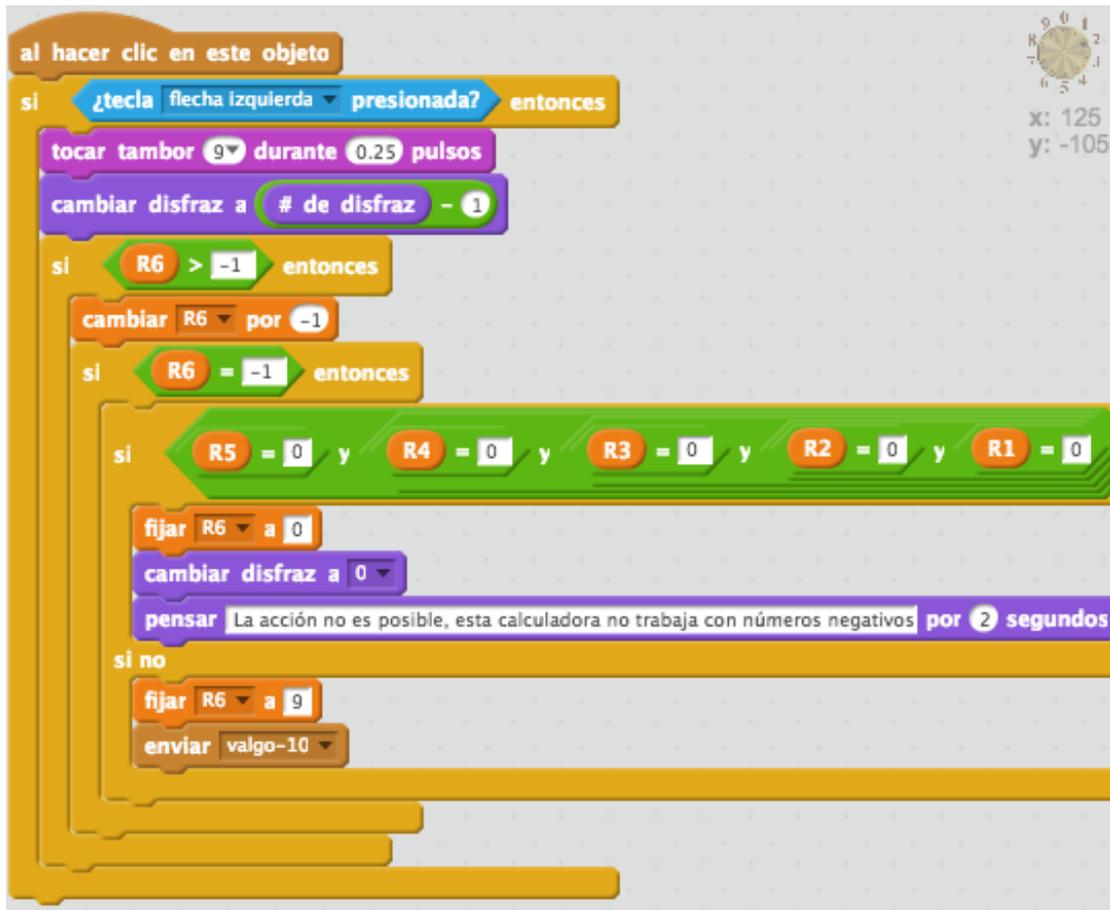


Figura 4.16: Bloque de programación para la resta

El bloque de la Figura 4.16 se corresponde con las paletas laterales, en este caso en particular la de la fila dos, pero es igual para todas las demás, salvando las diferencias propias de cada dígito. Para lograr un efecto de animación del desplazamiento lateral de la paleta se ha utilizado una variable de nombre *resetpaleta* que solo podrá tener dos valores: uno cuando se produce el desplazamiento hacia la izquierda con un clic y dos cuando se vuelve a hacer clic sobre la paleta lateral para volverla a su sitio inicial y conjuntamente con el desplazamiento a la posición indicada por las coordenadas x e y (pieza azul). La pieza en fucsia es la encargada de el sonido cada vez que se haga clic sobre el objeto.

La parte más importante y que se encarga de mostrar en el frontal los resultados de las multiplicaciones es la que se explica a continuación. Dado que contamos con seis dígitos hemos utilizado una variable para cada dígito y la variable multiplicador va tomando el valor de la primera fila que se ha fijado con las ruedas de la parte superior del multiplicador.

En cada ventanilla de esa fila aparecerá el resultado correspondiente las respectivas multiplicaciones realizadas, hay que tener en cuenta que este proceso en este simulador no es bidireccional, es decir que el orden si importa, primero se ha de seleccionar el multiplicando (primera fila) y después el multiplicador, de lo contrario no se podrá realizar la multiplicación.

Los bloques de la izquierda son programaciones de respuestas a diferentes eventos, en primero en caso de que se reciba un mensaje de reset, la paleta vuelve a su posición inicial y fija todos los valores de esa fila a cero. Los otros dos eventos están asociados al hecho de que se posee una ventana de bienvenida por lo que cuando se reciba el mensaje de ventana inicial se esconde ese objeto de lo contrario aparecerá.

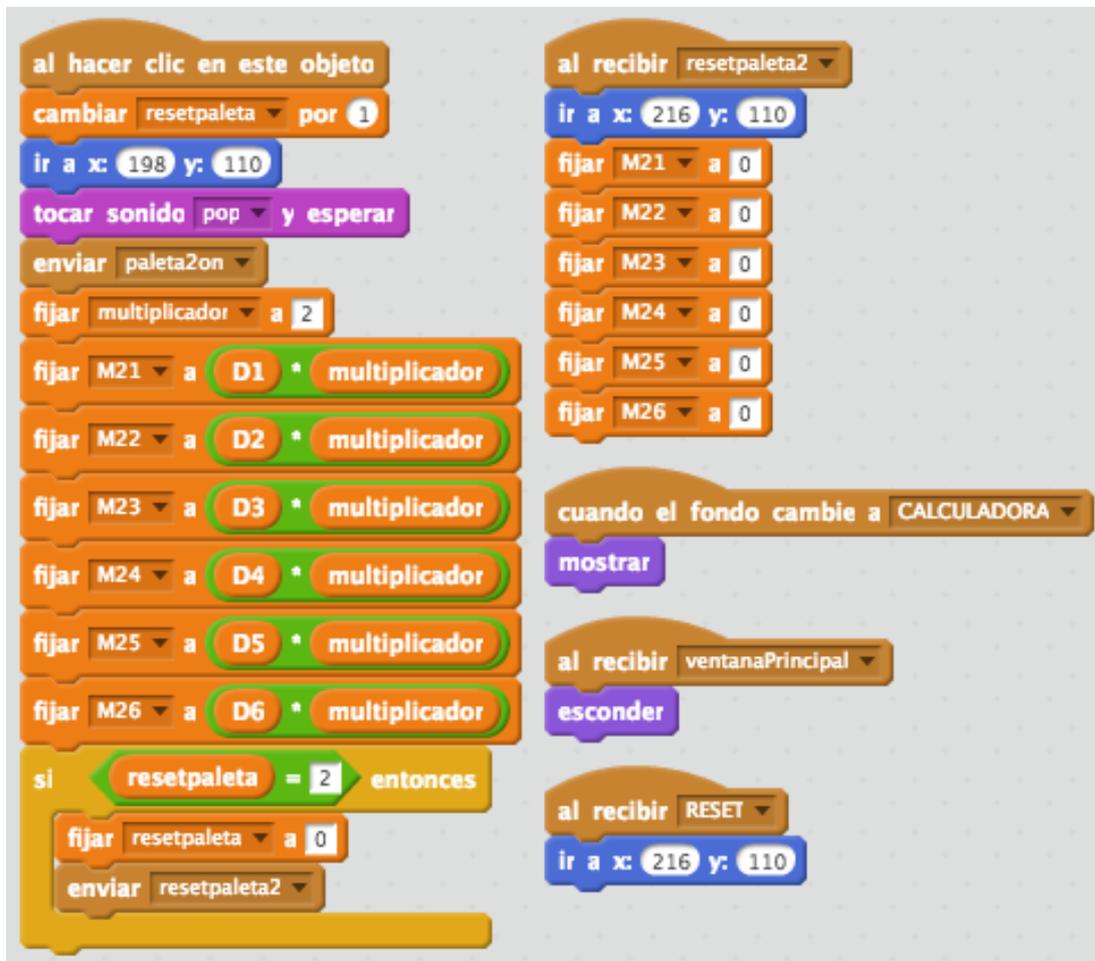


Figura 4.17: Bloque de programación de paletas laterales

El bloque que se muestra en la Figura 4.17 se corresponde con las acciones asociadas a los objeto perillas superiores, para todos es el mismo bloque cambiando las posiciones respectivas. En esencia se trata de un contador sin acarreo, en el bloque si... entonces se realiza la declaración de la variable de la posición de esa perilla que es el operando uno de la multiplicación. Se puede hacer giros tanto en sentido horario como anti-horario.

4.5 Descripción del funcionamiento del simulador

El simulador desarrollado en Scratch utiliza un clic de ratón (botón izquierdo) para dar movimiento a las perillas superiores, las paletas de números que está en los laterales, perillas de grabación de números, y botón de reset.

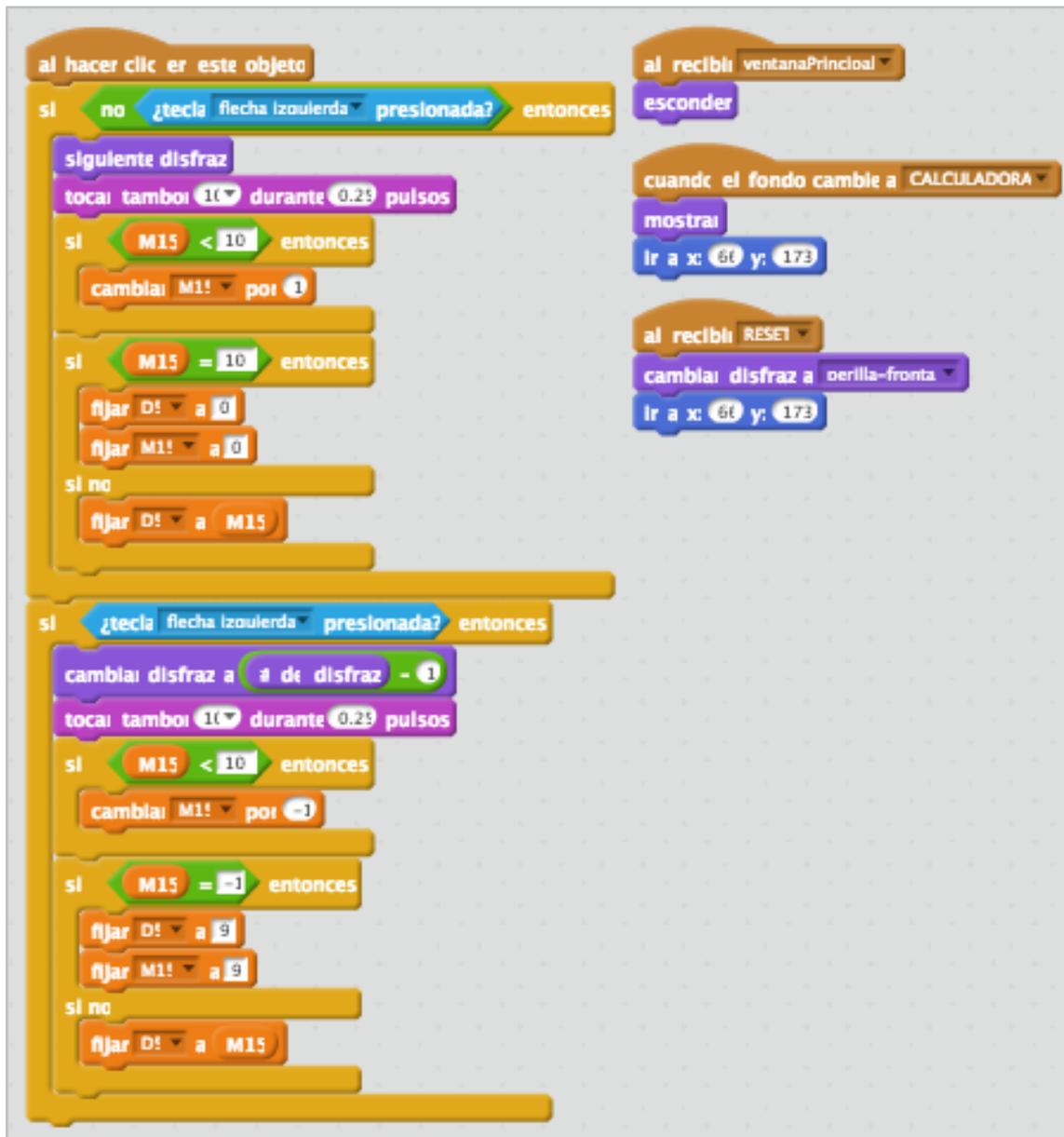


Figura 4.18: Bloque de programación de perillas superiores

Para la gestión de las perillas con números, que son las que manejan los resultados, en caso de querer realizar un giro en el sentido de las manecillas del reloj bastará con hacer clic sobre ellas. Para los casos de la resta y división en los que se necesita que las perillas giren en sentido antihorario bastará con mantener presionada la tecla "flecha izquierda" mientras se hace clic izquierdo como se indica en la imagen, es decir si queremos girar en sentido antihorario la perilla ubicada en tercer lugar contando de derecha a izquierda entonces presionaremos la tecla con el número tres del teclado.

Finalmente se ha añadido una pantalla de bienvenida al simulador como se puede observar en la Figura 4.18 se ha puesto un título introductorio, una imagen de uno de los bocetos de la máquina bajo la cual se colocó una especie de botón que permite acceder al simulador, en el lado derecho bajo una imagen de Wilhelm Schickard se encuentra el botón historia que nos dirige hacia un breve resumen sobre la máquina.



Figura 4.19: Pantalla de introducción al simulador

CAPÍTULO 5

Material Didáctico

La elaboración de una página web forma parte de este trabajo final de grado y tiene como objetivo principal la difusión de la información que se ha recabado en el mismo y más concretamente permitir el uso del simulador a quienes la visiten. La página se encuentra alojada en la web de El Museo de Informática de la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica de la Universitat Politècnica de València.



Figura 5.1: Logo Museo de Informática

La labor realizada por el museo es incalculable ya que acerca a los más jóvenes a los inicios de la informática y lo hace de una manera interactiva, creativa y atractiva. Siendo conscientes de que la web del museo es en su mayoría visitada por alumnos de Educación Superior Obligatoria se ha determinado dar más importancia a determinados contenidos para la misma, evitando el exceso de texto y utilizando más contenido multimedia, de esta forma es probable que a los usuarios les resulte más atractiva.

5.1 Estructura de la página web

La página en su esencia consta del simulador en scratch embebido en la misma, lo que permitirá a quién acceda a ella probar las diferentes operaciones en

el simulador. Dada la complejidad que puede implicar deducir cómo se realizan las operaciones de multiplicación y división en el mismo o intentar comprender sin ninguna guía cómo trabajar con el simulador desarrollado se ha optado por añadir a la página web un vídeo con el cual se pretende explicar el uso del simulador, en este se explica un ejemplo de como realizar una suma, una resta, una multiplicación y una división, de esta manera quedará mucho más claro su uso y los visitantes podrán probar dichas operaciones ellos mismos. Lo que se visualiza en la Figura 5.2, es la parte superior de la página web, donde vemos un breve introducción, conjuntamente con el vídeo que se comentó anteriormente.

Simulador Del Reloj Calculante De Wilhelm Schickard Con Scratch

Home > Videojuegos Clásicos Con Scratch

Simulador del Reloj Calculante de Wilhelm Schickard con Scratch

Katherine Alejandra Estrada Puente

En esta nueva sección del museo se incluye un simulador de una de las máquinas de calcular mecánicas más antiguas de la historia, para que los usuarios puedan recrear su uso con el.

El simulador del reloj calculante está desarrollado en el lenguaje de programación visual **Scratch**, en su página web, encontramos varios proyectos, entre ellos el presente, el los que se dispone de un espacio en el que los usuarios pueden hacer comentarios sobre los proyectos realizar posibles ampliaciones o modificaciones sobre el simulador además de una interesante opción que se denomina "reinventar", la cual permite al usuario acceder al código fuente del videojuego y poder observar cómo se ha creado o añadir nuevas funcionalidades al mismo.

Funcionamiento del Simulador

El siguiente vídeo tiene como objetivo mostrar el funcionamiento del simulador, para que los usuarios puedan hacer sus propias pruebas

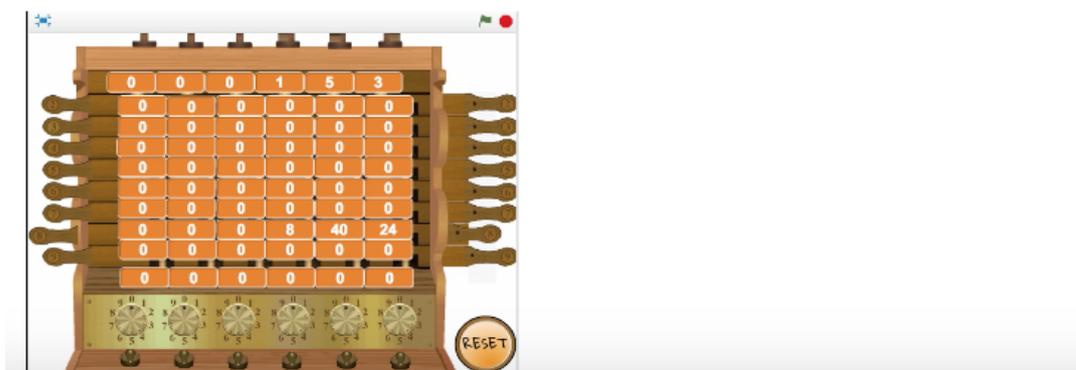
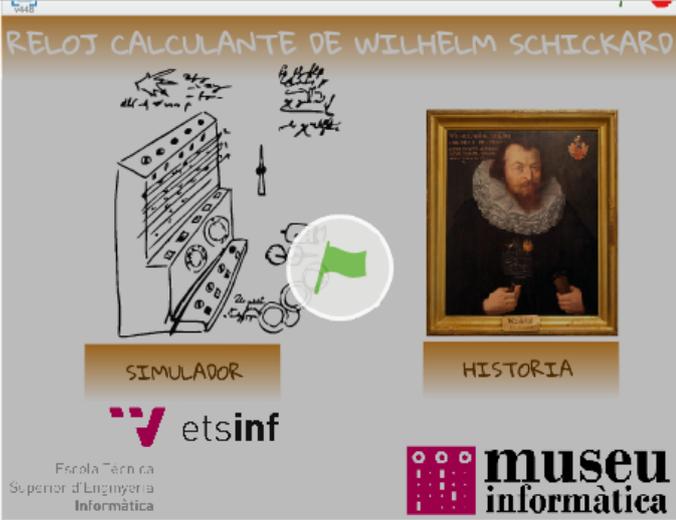


Figura 5.2: Página Web museo I

Por último en la parte inferior de la página web, se encuentra la esencia de este trabajo, es decir una breve historia de la máquina para que se pueda comprender la importancia que tiene debido a la época en la que se produjo esta invención dada la coyuntura histórica de la época. En este apartado de la web se añaden también los créditos respectivos. En las Figuras 5.2 y 5.3 observamos como ha quedado el aspecto final de la página web desarrollada.

La página se ha desarrollado con el lenguaje de marcas de hipertexto (HTML), se ha partido del código fuente existente en otra página similar del museo, para de esta forma ser fiel al modelo estético ya definido en la página del museo de informática, este código se ha modificado con la plataforma de software eclipse, siempre siendo fiel al diseño original del sitio en el que se alojará en cuanto a estilo y formato se trata.



RELOJ CALCULANTE DE WILHELM SCHICKARD

SIMULADOR

HISTORIA

etsinf
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica

museu informàtica

Un poco de historia

Wilhelm Schickard nació en Herrenberg-Alemania, fue un hombre polifacético y de mente brillante, algunas de sus profesiones fueron: matemático, astrónomo, pintor, ministro luterano, profesor de hebreo y arameo. La invención del reloj calculante se produjo en el año 1623, con el afán de ayudar a su amigo Johannes Kepler quien se encontraba realizando el cálculo de las tablas astronómicas ya que Kepler realizó esos cálculos manualmente. Lamentablemente, la máquina que Schickard estaba construyendo para Kepler nunca llegó a su destino, ya que se quemó en un incendio accidental. La existencia del reloj calculante no fue descubierta sino 300 años después, por lo que no sirvió de referencia para la posterior invención de las calculadoras más modernas.

Para acceder a la página del simulador en la web de Scratch ir al siguiente enlace -> [Reloj Calculante de Wilhelm Schickard](#)

Creadora del simulador: Katherine Alejandra Estrada Puente(katespue@gmail.com)

Tutor: Xavier Molero Prieto

Figura 5.3: Página web museo II

CAPÍTULO 6

Conclusiones

En este capítulo se detallan las consideraciones finales que se han obtenido mediante la realización del presente trabajo así como también comprobar que los objetivos planteados inicialmente se han cumplido.

1. La invención del reloj calculante fue un hecho muy innovador adelantado a su época dadas las escasas facilidades de esa época debido a que la revolución industrial no había tenido lugar aún, resultaba mucho más cómodo pagar la mano de obra, lo que significaba un trabajo más lento y complicado cuando se trata de la fabricación de máquinas como la que se ha estudiado en este trabajo.
2. La existencia del reloj calculante se dio a conocer varios trescientos años después de su invención por lo que no resultó útil como modelo a seguir para las posteriores invenciones de las siguientes calculadoras como si lo fueron por ejemplo la Pascalina o la máquina de Leibniz, que implicaron una guía en el proceso de desarrollo para la obtención de lo que es la actual calculadora.
3. El reloj calculante consta de tres módulos que son independientes entre si, a pesar de esto el dispositivo de la multiplicación necesita hacer uso del sumador siendo el dispositivo de grabación de resultados totalmente opcional para el funcionamiento de los otros dos módulos pero resulta de bastante utilidad si se realizan cálculos que impliquen la obtención de resultados de más de una cifra.
4. El simulador del reloj calculante desarrollado en Scratch es capaz de realizar las mismas operaciones que la máquina original, se ha conseguido que su apariencia sea bastante similar a las réplicas existentes además de ser fácil de usar y disponer de sonido y animación lo que hace que sea más interactivo su uso. En el mismo programa de Scratch se ofrece la posibilidad de conocer un poco más de historia sobre la máquina si el usuario lo desea.
5. La página web desarrollada tiene un carácter divulgativo, teniendo en cuenta al público al que va dirigida resulta bastante intuitivo navegar por el

contenido de esta ya que el vídeo explicativo no deja lugar a duda del funcionamiento del simulador incluido en la página web y se ha pretendido minimizar y simplificar en lo posible el texto utilizado en ella.

6.1 Trabajo futuro

Se plantea la opción de desarrollar este simulador en otro lenguaje de programación en el que se pueda trabajar con imágenes de mejor calidad y que no tenga restricciones en las dimensiones del área de trabajo, ya que en el simulador desarrollado en este proyecto difiere del diseño original en el módulo de multiplicación en el que el diseño de cada una de las celdas y el formato de presentación no es el mismo que en el original la opción de utilizar imágenes en lugar de las variables de Scratch se tuvo en cuenta pero se descartó por lo que se mencionó anteriormente, el área de trabajo es restringida.

Bibliografía

- [1] Guillermo Searle Hernández. Las primitivas máquinas de calcular con rodillos y manubrios. *BOLETIC* 52:103–106.
- [2] Mitchel Resnick. Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM* 52(11):60-67, 2009
- [3] V. Perez, Musée des arts et métiers. Du doigt à la machine, le calcul. *Le petit journal*
- [4] Joseph Balsach Peig. *De la mano al cálculo electrónico. 4000 años calculando*. Edición personal del autor, 2010.
- [5] Sergio Garrido Barrientos. *Scratch para niños... y no tan niños*. Amazon Media EU S.à r.l., 2015 .
- [6] Felipe Guaman Poma de Ayala. *Primera nueva crónica y gobierno*. Manuscrito. 1615,1616 .
- [7] Georges Ifrah. *Historia universal de las cifras*. Espasa Calpe, S.A., Madrid, sexta edición, 2008 .
- [8] Jerry Lee Ford Jr. *Scratch programming for teens*. Course Technology, Boston .
- [9] Jean Marguin. *Histoires des instruments et machines à calculer*. Hermann Éditeurs des sciences et des arts, París, 1994.
- [10] Sean McManus. *Scratch programming in easy steps*.. Easy Steps limited, United Kingdom 2013.
- [11] Juan Carlos López García. *Guía de referencia de Scratch 2.0*. EDUTEKA, Colombia, 2013. Consultado el 20 de julio de 2016 en <http://www.eduteka.org/pdfdir/ScratchGuiaReferencia.pdf> .
- [12] Francisco Luis Redondo Álvaro. *Algunos rasgos de la revolución científica en el siglo XVII*. Consultado el 28 de julio de 2016 en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2986385.pdf> .
- [13] Friedrich Seck. *Wilhelm Schickard 1592-1635*. J.C.B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen, 1978 .
- [14] Vicente Trigo Aranda. *Del ábaco a Internet*. Creaciones Copyright S.L, España, 2010 .

- [15] Sergio van Paul, Jessica Chiang *Guía de referencia de Scratch 2.0*. Packt Publishing, United Kingdom, 2014 .
- [16] Michael R. Williams. *A History of computing technology*. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos-California, 1997.
- [17] The Rechenuhr (Calculating Clock) of Wilhelm Schickard [Recurso Web]. Consultado el 1 de septiembre de 2016 en <http://history-computer.com/MechanicalCalculators/Pioneers/Schickard.html> .
- [18] Biography of Wilhelm Schickard (1592-1635) [Recurso Web]. Consultado el 1 de septiembre de 2016 en <http://history-computer.com/People/SchickardBio.html> .
- [19] Publicación en Blog "Historia de la Informática", escrito el 8 de diciembre de 2011. Consultado el 9 de mayo de 2016 en <http://histinf.blogs.upv.es/2011/12/08/wilhelm-schickard>.