استخدام السواقي في اعمال تصريف المياه الجوفية في المناجم الرومانية

the use of water wheels for draining ground water in roman mines

م. د/ هبه فاروق النحاس

مدرس بقسم الآثار اليونانية والرومانية بكلية الآداب - جامعة طنطا

Dr. Heba Farouq El-Nahas

Lecturer, Department of Greek and Roman Archeology, Faculty of Arts - Tanta University

Heba_alnahas@yahoo.com

الملخص:

واجهت المناجم الرومانية العديد من المشاكل التى تسببت فى ايقاف العمل بها والتخلى عنها، منها مشكلة المياه الجوفية وهى نتيجة الحفر بجانب الأنهار او البحار أو نتيجة ترشحات تأتى من أعلى المنجم. عالج الرومان هذه المشكلة بداية بالطرق البدائية التى كان يعمل بها منذ القدم وهى حفر قنوات لتغير مسار المياه الجوفية ثم رفعها عن طريق الجرادل والحبال، ثم أدخلوا الآلات الميكانيكية مثل مسمار آرخميدس وسرعان ما تم الاستغناء عنه مقابل آلات أحدث وهى الساقية. الساقية التى كانت اختراع سكندرى فى العصر البطلمى ثم انتشرت فى انحاء البحر المتوسط، استخدمت فى بدايتها فى أعمال الزراعة حتى العهد الرومانى سرعان ما تطور تصميمها لتلائم الكثير من المجالات ومنها العمل فى المناجم، وتم استخدام المئات منها فى اعماق المناجم لرفع المياه الجوفية.

يطرح البحث العديد من الاسئلة مثل: كيف تم العمل بها فى المناجم؟ كيف تم ادخال هذه الآلات العملاقة الى باطن المنجم؟ ماهى ميكانيكية العمل بها فى الداخل؟ هل تشابهت مع السواقى المستخدمة فى الزراعة (حيث اعتمدت سواقى الزراعة اما على قوة دفع الماء لتحريكها أو اعتمدت على الانسان او الحيوان لدورانها)؟ متى بداء العمل بها؟ ولماذا؟

وفى ظل غياب المصادر التاريخية لرصد تلك الفترة لعمل السواقى فى المناجم كان الاعتماد على الكثير من النظريات التى وضعت وقت الاكتشافات الحديثة للمناجم وهنا تتبعت الباحثة تاريخ تلك الاكتشافات ومقارنتها مع الأحدث للوصول للإجابات المطروحة هنا.

واعتمد البحث فى الإجابة على تلك الأسئلة على المحاور الأتية:

١-تقديم والتعريف بالساقية تبعا لما قدمه المهندس الرومانى فيتروفيوس

٢-عرض بداية الاكتشافات وعرض النظريات التى وضعت وقتها للعمل فى المناجم

٣-عرض الاكتشافات الحديثة ومقارنتها مع الأقدم

الكلمات الافتتاحية :

مناجم رومانية، سواقى ، ريوتينتو ،دولاكوثى

Abstract:

Roman mines faced numerous problems that caused work to be discontinued and sites abandoned. One such problem is groundwater resulting from digging near rivers or sees or leakages from the top of the mine. The Romans initially tackled this problem using the primitive means – current since the earliest times – of digging canals to redirect the flow of groundwater and then raising it using buckets and ropes. Later they introduced mechanical machines like

Archimedes' screw, which they soon replaced with the more modern waterwheel. An Alexandrian invention dating from the Ptolemaic era, the waterwheel had spread across the Mediterranean where it was used for agricultural work until the Roman era when its design was developed for use in a variety of fields including mining. Hundreds of waterwheels were used to lift water out of Roman mines.This paper raises a number of questions regarding how the waterwheel was used in mines, how giant machinery was transported into the mine, what was the mechanism for operating them once they were inside, were they similar to agricultural waterwheels (which relied on either water pressure or human and/or animal power), and when and why the Romans started using them.In the absence of primary sources dealing with the topic, research relies on various theories proposed following excavations in which mines were discovered at various points in history. The writer outlines the history of these discoveries and undertakes a comparative study of the theories proposed in order to reach the most plausible explanation.

The paper follows the following scheme:

1-Introducing and describing the waterwheel as defined by the Roman engineer Vitruvius;
2-Surveying the discoveries and presenting the theories that were proposed at the time they were made over the centuries; and
3-Surveying modern discoveries and comparing them to older ones.
Roman mine ،water wheel ،Rio tinto,Dolacothi

Keywords:

Roman mine ،water wheel ،Rio tinto- Dola cothi

استخدام السواقي في تصريف مياه المناجم الجوفية في العصر الروماني:

كانت السيطرة على المياه الجوفية داخل المناجم ضمن التحديات التي واجهت الرومان، فتلك الترسبات كفيلة بوقف أعمال التعدين في منجم ما ومن ثم التخلي عنه نهائياً. وتأتي المياه الجوفية إما نتيجة رشـــح من أعلى المنجم أو تراكم ناتج عن استخدام النار لتحطيم الصخور ثم تبريدها حتى يسهل تكسيرها، أو تسريب لدى الحفر بجوار نهر أو بحر. وقد استخدم الرومان عدة طرق لإزالة المياه الجوفية منها حفر قنوات داخل ممرات المنجم تُرفع عنها المياه إما بواسطة عبيد يحملون جرادل أو بوسائل ميكانيكية كالطنبور والساقية. يُعنى هذا البحث بتفاصيل عمل الساقية وتركيبها وعملها في باطن المناجم. فالساقية والتي عُرفت وانتشرت في أعمال الزراعة والصناعة كان لها دور كبير أيضاً في التعدين لكن كيف كانت تُستخدم في المناجم؟ كيف تم إدخال هذه الآلات العملاقة إلى باطن المنجم؟ ما هي ميكانيكية العمل بها في الداخل؟ هل تشابهت مع السواقي المستخدمة في الزراعة (حيث اعتمدت سواقي الزراعة إما على قوة دفع الماء لتحريكها أو على الانسان أو الحيوان في الدوران)؟ يسأل البحث أيضاً متي بدأ العمل بالسواقي في التعدين؟ ولماذا؟

تستدعي الإجابة عن هذه الأسئلة أولاً الرجوع إلى المصادر التاريخية حول المناجم الرومانية لكن سرعان ما يواجه ذلك مشكلات هي قلة المراجع التاريخية التي تسجّل العمل بالمناجم وترصدها في حينها وكون أغلب المناجم المكتشفة الآن تقع في المقاطعات الرومانية (خاصة إسبانيا والبرتغال حيث مناطق غنية بمعادن الذهب والرصاص والنحاس والحديد) وهي بلاد احتلتها وسيطرت عليها الإمبراطورية الرومانية (منذ القرن الأول الميلادي وحتي نهاية الثالث) فكانت حِكراً علي الحكومة الرومانية من قبل جيشها (باستثناء أجزاء صغيرة سُمح لأفراد بامتلاكها)[٢] وبالتالي كان من شأن الاكتشافات أن تتم صدفة بعد أن تكون المناجم نفسها قد دُمرت واستُنفد ما بها تماما علي مر القرون. تلك الاكتشافات وُضع لها العديد من

النظريات لفهم طريقة العمل في مواقعها والتي تغيرت من زمن إلى آخر بعد إعادة اكتشـــاف المزيد منها وإعادة ترميم ما أمكن ترميمه (أحياناً تُرمّم ســاقية واحدة من حطام عدة ســواقٍ حتي يصــل الباحث إلى الشــكل النهائي لما كانت عليه تلك السواقي في الأصل). وقد قامت الباحثة هنا بتتبع تلك المصادر والمراجع وعرضها وتفنيدها وصولاً إلى المراجع الأحدث والتي قامت بها البعثات الإسبانية في الزمن الحالي ثم مقارنة طرق التعدين المعروفة الآن بما كان سائداً في القرن السادس عشر قبل اختراع الآلات الحديثة التي غيرت مجري العمل بشكل جذري.

من أول المراجع التي رصدت الاكتشافات الاولي للمناجم كان مرجع:

O.Davies in Arch. Camb. XCI (I936), 5I17 ،STEVENSON, A.S. 1875: "Observations on a roman water Wheel from the ancient working of the mines of Tharsis in Southern Spain".

ثم توالت المراجع الأحدث مع بعض نظريات العمل مثل:

LUZON NOGUÉ, J. M. 1968: "Los sistemas de desagüe en minas romanas del suroeste peninsular", Archivo español de Arqueología Vol. XLI, Madrid، 101-120; LUZON NOGUÉ, J. M. 1970: "Instrumentos mineros de la España Antigua", VI Congreso Internacional de Minería, Tomo I, León, 271-320

وصولا لأبحاث السنوات الحديثة بعد ترميم وتطوير بعض السواقي:

OJEDA CALVO, R. 2006: "La Rota del Museo de Huelva: apuntes sobre el origen, adscripción, uso y funcionalidad de una rueda de evacuación de agua hallada en Minas de Riotinto" en Rueda elevadora de agua de las minas de Riotinto: Memoria de Intervención. Cuadernos PH, no18. Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. Sevilla

بدايات ظهور واستخدام السواقي:

في العصر الهلنستي ظهرت عدة آلات حديثة تعمل كلها بالحركة الدائرية (نظام العجلة) استُخدمت كوسائل لرفع المياه في أعمال الزراعة والري. تنقسم هذه الآلات إلى ثلاث مجموعات رئيسية تبعا لمصدر القوة التي تحركها وهي: ١- ماكينات يحركها الحيوان، ٢-ماكينات تتحرك بالقوة البشـــرية، ٣- ماكينات تعمل بقوة دفع المياه. معظم هذه الآلات اختُرعت في منتصـــف القرن الثالث ق.م. في العصـــر البطلمي حيث بدأت من الإســكندرية ٣وســرعان ما انتشـــرت في العالم القديم واســتمرت عبر قرون حتى قام المهندس الروماني بتطويرها لتُلائم احتياجاته التي لم تنتهي عند الزراعة. وأفضــل من قام بشرح السواقي في تلك الفترة وتركيباتها المختلفة هو المهندس فيتروفيوس.

يتكلم فيتروفيوس عن نوعين من السواقي استُخدم كلاهما في رفع المياه (ولا يذكر عمل أي منهما في المناجم) في معرض حديثه عن الساقية والتي ذكرها باسم τυμπανον tympanum حيث أنها دائرية تشبه الدُف (صورة رقم١) ومقسّمة داخليا إلى قطاعات متســـاوية بامتداد محيطها. لرفع الماء تعتمد الســـاقية علي تلك القطاعات فكل منها وحدة مغلقة بفتحة واحدة قريبة من محور الســـاقية تتجمع فيها المياه عند دوران الســـاقية وتخرج من نفس الفتحة لقناة تجميع المياه الموجودة بجانب محور الســـاقية. يرفع هذا النوع كمية كبيرة من الماء في وقت قليل لكن لمســـافة قصـــيرة، وتعتمد هذه الســـاقية في دورانها علي قوة دفع الإنســـان حيث يحتوي إطارها الخارجي علي بروزات تُســـتخدم للجري عليها ومن ثم تدويرها٤تم تصـــميم طراز أبســـط من هذا النوع يعتمد في رفعه للمياه علي حجيرات موجودة في الإطار الخارجي للســـاقية حيث ظلت الساقية من الداخل مقسمة إلى قطاعات أيضـا لكن بأضـلاع تشـكل أنصـاف أقطار للدائرة الداخلية، وينتهي كل ضـلع بعلبة

علي الإطار الخارجي لها ثقب جانبي. عند دوران الساقية تتجمع المياه داخل هذا الثقب وعند دورانها لأعلي تخرج المياه منه إلى قناة تجميع المياه المرتفعة عن محور الساقية (صورة ٢).

أما عند الاحتياج لرفع الماء إلى مستوي أكثر علوا، تُصمّم الساقية بمحور يصل للارتفاع المطلوب ويتم تثبيت دلاء على إطارها الخارجي وبالتالي عند دورانها تمتلئ الدلاء بالماء عند هبوطها لمستوى الماء ثم مع ارتفاعها تفرغ المياه في قناة علوية مخصصة لذلك[٦] أما إذا كانت المسافة المطلوبة أعلى وأعلى فيتم تمرير سلسلة حديدية حول محور الساقية معلق بها دلاء برونزية ومع دوران الساقية يتم ملء وتفريغ تلك الدلاء[٧]

سواقي تصريف مياه المناجم المكتَشَفة حتى الآن في العصر الروماني:

توقف العمل في الكثير من المناجم بسبب المياه الجوفية، التي تشكل تهديداً قوياً علي المنجم وعماله، وقد انهار عدد كبير من هذه المناجم إثر امتلائه بسرعة. استخدم الرومان عدة طرق للتعامل مع تلك المياه وتصريفها لاستكمال العمل، من تلك الطرق استخدام العبيد لرفع الماء يدويا واستخدام الأدوات الميكانيكية مثل مسمار ارخميدس (الطنبور) والساقية[٨] استخدمت كل طريقة حسب قوة اندفاع المياه الجوفية في باطن المنجم فمع المياه الجوفية البسيطة كان العمال يحفرون قنوات لتغيير مجري المياه ثم يقومون برفعها بواسطة دلاء مربوطة بحبال أعلى المنجم وبلغت سعة الدلو ١٥٠ لتر[٩] ثم مع بدايات القرن الأول الميلادي بدأ استخدام مسمار أرخميدس (صورة ١) والذي لم يستمر طويلا حيث فُضّل عليه استخدام الساقية[١٠]

عُثر على الكثير من حطام السواقي في المناجم الرومانية، ففي بريطانيا وبالأخص في ويلز عثر علي قطعة من الخشب في منجم دولاكوثي تم إعادة رسمها وحفظها بمتحف ويلز، كما عثر في داكيا (رومانيا حاليا) وبمنطقة ساو دومينجو بالبرتغال على قطع محفوظ تصميمها في متحف الفن بباريس Musée des Arts et Meters (مخطط٤،٥)، والكثير في منطقة ريوتينتو حفظت في أماكن مختلفة كما بُعرض لاحقا وكذلك في تارسيس محفوظ بمتحف النقل بجلسكو بإسبانيا (مخطط ٦،٧). هذه المناجم التي تقع في المقاطعات الرومانية (أكثرها في إسبانيا) بدأ العمل بها منذ بداية القرن الأول الميلادي وحتى القرن الثالث الميلادي حيث توقف العمل فيها[١١]

السواقي التي أُعيد ترميمها:

سواقي منجم ريوتيتنو:

من أوائل السواقي التي تم اكتشافها سواقي منطقة ريوتنيتو بإسبانيا، وهي منطقة تمتد من آزنالكولار بالقرب من إشبيلية إلي الجوستريل في البرتغال، خضعت للحكم الروماني الذي لم يستغل مناجمها بدايةً إلا في أضيق الحدود ثم توسع فيها التعدين حتي وصلت لقمة أعمالها في عصر أغسطس (٢٣ق.م.-١٤م). عُثر علي تلك السواقي في مواقع متعددة من منطقة المنجم كالآتي: (١) عثر عام ١٨٨٦ بمنطقة فيلون الشمالية علي زوج من السواقي يبلغ قطرهما ٤،٦٤٨م، ٤،٥٢م وكلاهما مقسمان من الداخل بـ ٢٢ ضلعاً (مخطط ٨) محفوظة في الأرشيف التاريخي لمؤسسة مناجم ريو تينتو (Afrt)[٢] (٢) عام ١٨٨٩ في نفس المنطقة عُثر علي محورين لزوج آخر بـ ٢٧ ضلعا من البرونز[٣] لم إهداؤها للمتحف البريطاني - صورة ٢)؛ (٣) عام ١٩١٠ في منطقة فيلون الجنوبية عُثر علي ١٤ زوجاً من السواقي في حالة سيئة جداً تتراوح أبعادها بين ٤،٥٦م و ٤،٥٢م بـ ٣٠ ضلعا داخليا (صورة ٣ - مخطوطة في الأرشيف التاريخي لمؤسسة ريو تينتو) [٤] (٤) من عام ١٩١٩ إلى عام ١٩٢١ عُثر علي ٨ أزواج من السواقي بأبعاد ٤،٦٥م و٢٧ ضلعاً من البرونز. وكانت المجموعة (٣) و(٤) تشكل مجموعة عمل واحدة تعمل على رفع الماء – المجموعة رقم ٣ ترفع الماء مسافة ٥١،٨م، والمجموعة الثانية ترفعه مسافة ٢٩،٦م، إذن فالمجموعتان تعملان على رفع الماء مسافة

٨١,٤م[٥](المخطط ٩)؛ (٥) عام ١٩٢٨ بمنطقة فيلون الجنوبية عُثر على ساقية ٤,٥٩م بـــ ٢٤ حجيرة بالإطار الخارجي لرفع الماء كما عثر على مجموعة من الحبال والعوارض الخشـــبية والتي يُظَن أن الغاية من وجودها دعم وربط قناة تصريف المياه بجوار الساقية[٦](٦-٧) عام ١٩٢٨ بمنطقة مازا بلانز عثر على ساقيتين: الأولي ٤,١٣م وبـــ ٢٥ حجيرة خارجية (بالأرشـــيف التاريخي)[٧]والثانية ٤,٣٠م بـــــ ٢٤ حجيرة خارجية وهي المحفوظة بمتحف ولبا[٨](المخطط ١١ - (صورة ٤).

ساقية ريوتينتو المرممة والمحفوظة في متحف ولبا:

تم ترميمها من عدة أجزاء من سـواقٍ مختلفة عثر عليها في نفس المنجم، القطر ٤,٣٠م، مصـنوعة بالكامل من الخشـب - القرص الصـلب والأضـلاع من خشـب البلوط، وبقية الأجزاء من الصـنوبر - وقد تم استخدام المسـامير الخشـبية في جميع أنحاء البناء لأن المسـامير الحديدية تصـدأ بسـرعة في الظروف الرطبة. صُـنع المحور داخل القرص الصـلب من البرونز محاط بأربعة مسـامير موازية، عمود المحور له تصـميم مربع مع نهايات مسـتديرة ليسـهل تثبيتها في الحوامل. يوجد ٢٤ ضلعا في صورة تبادلية بين القرصين الصلبين من جهة ومن الجهة الأخرى ملتصقين بالإطار الخارجي للساقية المجوف من الداخل إلى ٢٤ علبة مستطيلة أبعادها الداخلية ١٥ x ١٨ سم. ولها فتحات من جهة واحدة فقط، ما يتيح امتلاءها بالماء من حوض الساقية السفلي ثم تفريغها في قناة تصريف الماء[٩]

ما تم رصده عن هذه السواقي: ١-إنها مصنوعة من خشب البلوط بالكامل - الأضلاع والإطار الخارجي ومحور الساقية - باسـتثناء بعض الأمثلة كان المحور فيها مصـنوعاً من البرونز؛ ٢-إنها تعمل في أزواج حيث يقوم كل زوج بتجميع المياه من حوض أسفلها عند الدوران ثم تفرغ مياهها في قناة تصريف علي شكل حرف U يحيط بالساقية التي تقوم بتجميعه في حوض الطابق الأعلى ثم تتكرر العملية. والماء الذي ترفعه السـاقية الواحدة = ١٩ جالون (٨٦,٤ لترا) في الدقيقة الواحدة مسافة ٣,٥٦م، وهي مسافة أقل من قطر الساقية تم تحديدها بمراعاة العمق الذي يصل إليه الإطار الخارجي للساقية لرفع الماء من حوضها السفلي مع ارتفاع مسافة وضع قناة تصريف المياه عن محور الساقية حتى لا يسبب هدر الماء المجمع به وبالتالي زوج من السواقي سيرفع كمية من الماء تساوي ٢٣٠٠ جالون في الساعة الواحدة وهي كمية ضخمة.[١٠]كما عُثر في منطقة ريوتينتو على دلو من البرونز اقترح لوزاين أنه يعود إلى ساقية تعمل بنظام السلاسل الحديدية[١١]

ساقية دولاكوثي:

تعود السـاقية إلى الفترة التاريخية للمنجم الروماني لمقاطعة جولف بويلز وتحديدا منجم دولاكوثي في الفترة من القرن الأول إلى القرن الثاني الميلادي[١٢]السـاقية قطرها ٣,٣٥٣م. الإطار الخارجي عبارة عن أجزاء مقوسـة يرتبط بعضـها ببعض عن طريق الضغط مكونة عشرين حجيرة خارجية كل منها مزود بفتحتين على جانبيها ويقسم محيط الساقية الداخلي بواقع حجرتين لكل قطاع، أي أن للساقية عشرة قطاعات فقط[١٣](المخطط ١٢ - صورة ٥)

ساقية المتحف البريطاني:

عثر على السـاقية في منجم ريوتينتو وتم إهداء أجزائها للمتحف البريطاني الذي قام بترميمها. السـاقية مكونة من قرص صلب وأضلاع وإطار خارجي كلها مصنوعة من الخشب وتظهر العلب في الإطار الخارجي بعد ترميمها بفتحتين أمامية وخلفية[١٤]

مناقشة عمل ساقية المناجم في ضوء الاكتشافات والأبحاث الحديثة:

السواقي السابقة هي ذات علب خارجية تعمل علي رفع الماء عن طريق تدويرها بالقوة البشرية، ويتجمع الماء من فتحة العلبة إلى داخلها ثم يتم إفراغها مره أخري عند رفعها في قناة تصريف المياه من نفس الفتحة. ولأن هذا النوع يعمل علي رفع الماء بكميات كبيرة ولكن ليس لمسافات عالية، فقد كان اقتراح لوزاين الذي ربط وجود الدلو بوجود ساقية السلاسل مقبولاً لفترة طويلة، لكن بعد المزيد من الاكتشافات في المنجم لم يُعثر علي أثر لهذا النوع لذلك ربما تعمل تلك الدلاء كأوعية تضاف للإطار الخارجي لمضاعفة كمية المياه المرفوعة، وقد وُجد في أحد المواقع بالفعل حبال رُجّح وقتها أنها لدعم قناة تجميع المياه، ولا ترى الباحثة تعارض بين الاستخدامين؛ لحل مسألة المسافات العالية لرفع المياه حيث لا يرفع هذا النوع الماء إلا لمسافة تصل تقريبا الي ٤/٣ قطره مع حساب نسبة لهدر المياه عند دوران الساقية تصل إلى ٢٥٪ من الكمية المرفوعة، تم العمل على وضع تلك السواقي على ممرات مائلة حتى يتمكن كل زوج من رفعه للطابق الأعلى منه مع حفر بئر يناسب حجم زوج السواقي[٢٦]

حركة الساقية كما ذكر فيتروفيوس تعتمد على تدوريها باستخدام الأقدام إما على سطحها الخارجي أو بالجري داخل محيطها الداخلي كما هو موضح (مخطط ١٣)، لكن أبعاد الساقية هنا أصغر من ساقية فيتروفيوس مما لا يسمح بوضع عامل داخلها حتي إن كان صغير الحجم، كما أن سطح الساقية أملس بدون بروز خارجية ولا يمكن الجري عليه فكيف يتم تدوير العجلة؟ وأين يوضع العامل؟ إذ حركة الساقية تعتمد على ثلاث خطوات: ١-فتحات الساقية التي تم تفريغها للتو، ٢-الفتحات الموجودة في مكان تجمع الماء وتستعد لملء الماء، ٣-فتحات محملة بالماء تُدفع إلى أعلي لتفريغها. وبالتالي يجب دفع الساقية من مكان الفتحات التي تم تفريغها حتى تتوازن القوى مع الفتحات الممتلئة مما يجعل وضع العامل بالجهة الفارغة من العلب الخارجية ودفعه للساقية بزاوية ٤٥ درجة هو الوضع المثالي[٢٧] (صورة ٦)

نظرًا لحجم الساقية الكبير بالنسبة للمرات الضيقة الخاصة بالمناجم، حوالي ٤,٢٠م في المتوسط، فمن المرجح أنه كان يتم بناؤها في الخارج ثم نقلها أجزاء منفصلة وتركيبها داخل البئر المخصص لها، وهذا ما يفسّر وجود أرقام على كل أجزاء ساقية متحف ولبا[٨]لكن ويسبرج طرح - ولأول مرة - نظرية أخرى لترقيم كل قطعة، فقد اعتبر أن هناك نموذجاً أصلياً وأساسياً مرقماً يتم على أساسه إنتاج السواقي المتعددة. ولأن هذه السواقي معرّضة للدمار فيمكن بسهولة الرجوع لرقم القطعة وإنتاجها وإعادة تركيبها بسهولة. وقد تأكدت تلك النظرية بعد ترميم ساقية متحف ولبا بمحور ساقية آخرى[٩] نتيجة فقد هذا الترقيم أو تجاهله في ترميم ساقية المتحف البريطاني، وفي إعادة رسم ساقية دولاكوثي، فقد ظهرت علب الساقيتين بفتحات ملء وتفريغ الماء من الجهة الأمامية والخلفية، وذلك بعكس ساقية ريوتينو بمتحف ولبا ذات الفتحة الواحدة من جهة واحدة فقط. وما يجعل ساقية متحف ولبا هي الأصح عامة هو فكرة عدم هدر الماء، فوجود فتحتين معناه الاحتياج لوجود قناتين لتصريف الماء ومزيد من انسكاب الماء. وما جعله من المرجح وجود قناة تصريف واحدة لكل زوج سواقي يتم تجميع الماء فيهما لإيصالهما إلى حوض الطابق الأعلى هي فكرة تقليل كمية الماء المهدر عند نقطة تجميعه من الساقيتين ولهذا أيضا كانت الساقيتين يدوران في اتجاهين متعاكسين للمحافظة علي اتجاه واحد للماء في قناة التصريف. أو ربما كانت ساقية دولاكوثي تعمل كساقية منفردة وليس في أزواج مثل سواقي ريوتينتو، إذن فهذا يرجّح وجود نوع أخر من السواقي منفردة عن مجموعة شبه الجزيرة الأيبرية، ولكن لعدم وجود أي نموذج شبيه فلا يوجد تأكيد بعكس ساقية المتحف البريطاني التي تعود إلى منطقة مناجم ريوتينتو والتي لم يُعثر بها إلا على أزواج من السواقي.

وأخيراً بمقارنة كمية الماء المرفوعة في الساعة التي تبذلها آلة الساقية وهي ٢٣٠٠ جالون من الماء مسافة ٣,٥٦م بقوة عامل واحد مقابل ٩,٦٠٠ لتر من الماء مسافة ١,١٦م في الساعة يتضح أن الساقية هي الآلة الأفضل لاستخدامات المناجم.

النتائج:

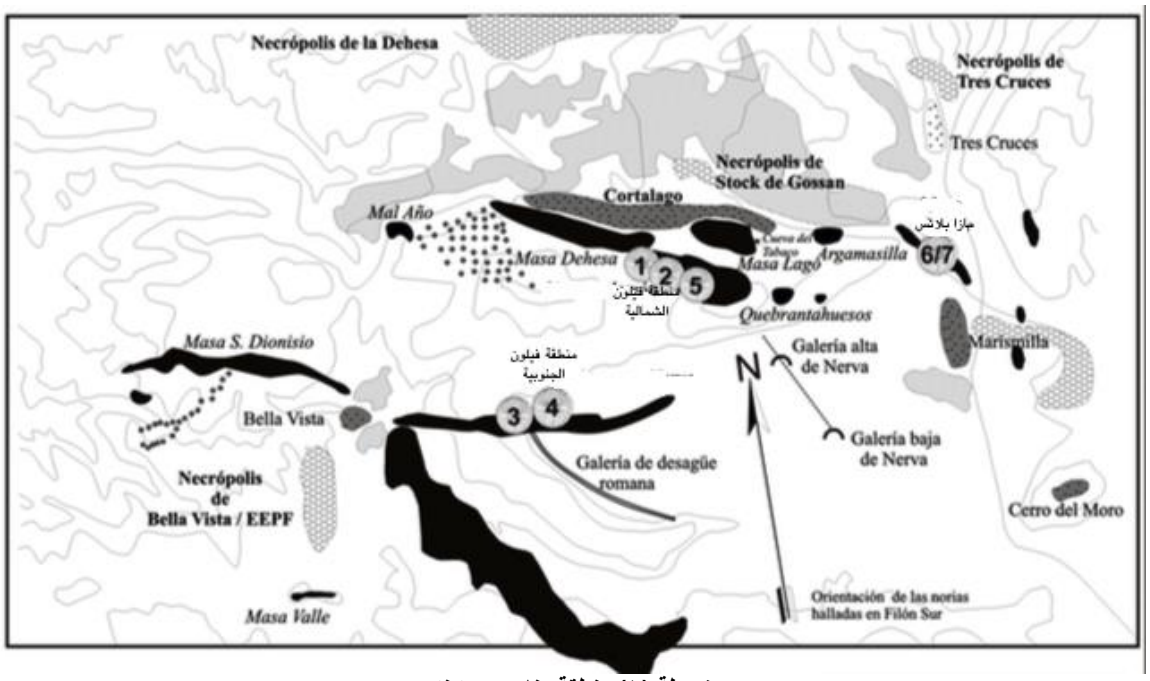
فضل الرومان استخدام السواقي عن مسمار أرخميدس لسرعتها وقدرتها على رفع كميات أكبر من الماء.

يُحتمل وجود خطأ في ترميم ساقية المتحف البريطاني وساقية دولاكوثي.

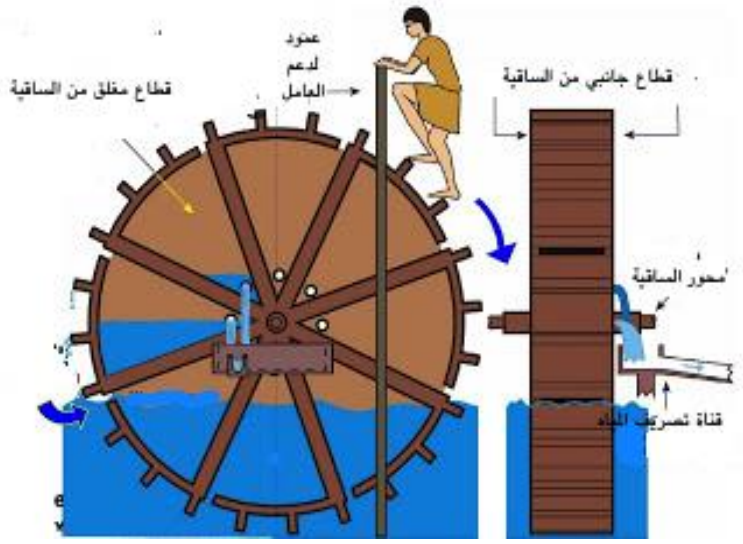
وَضع العامل المثالي لدفع الساقية يكون على الجهة الفارغة منها بزاوية ٤٥ درجة.

التوصيات:

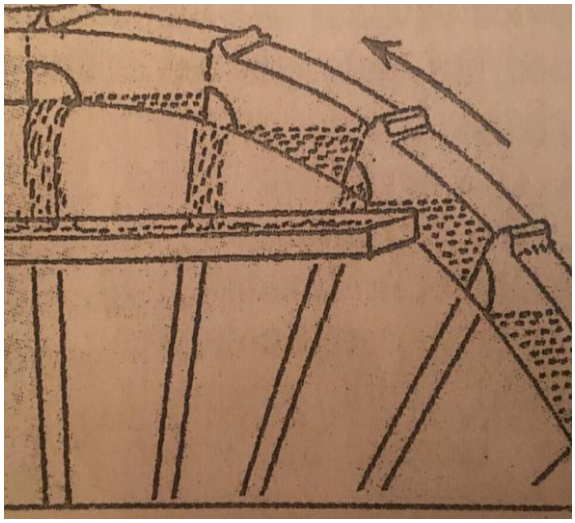
يجب الاستمرار بمتابعة الاكتشافات الحديثة للمناجم الرومانية ومقارنتها دوما بالقديم منها، مع تتبع اكتشافات منطقة دولاكوثي خاصة الرومانية منها لإثبات أو نفي وجود نوع آخر من السواقي غير المتعارف عليها في منطقة مناجم ريو تينتو بإسبانيا.



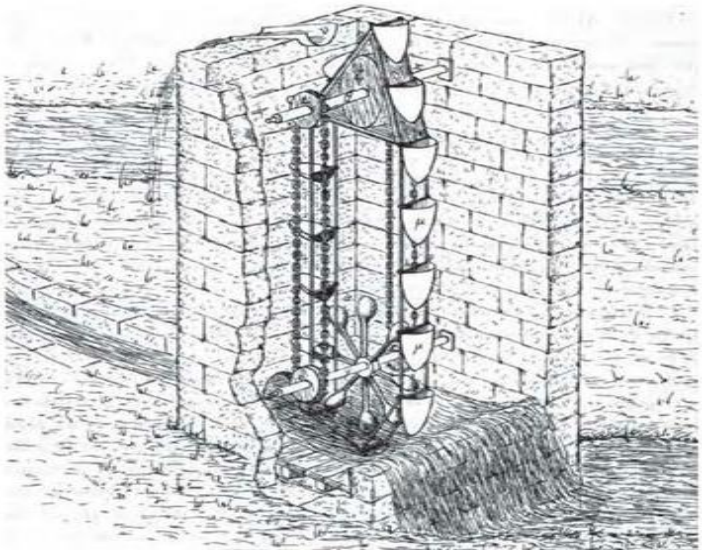
خريطة (١) منطقة مناجم ريوتينتو
Domínguez A. Delgado ، 2011



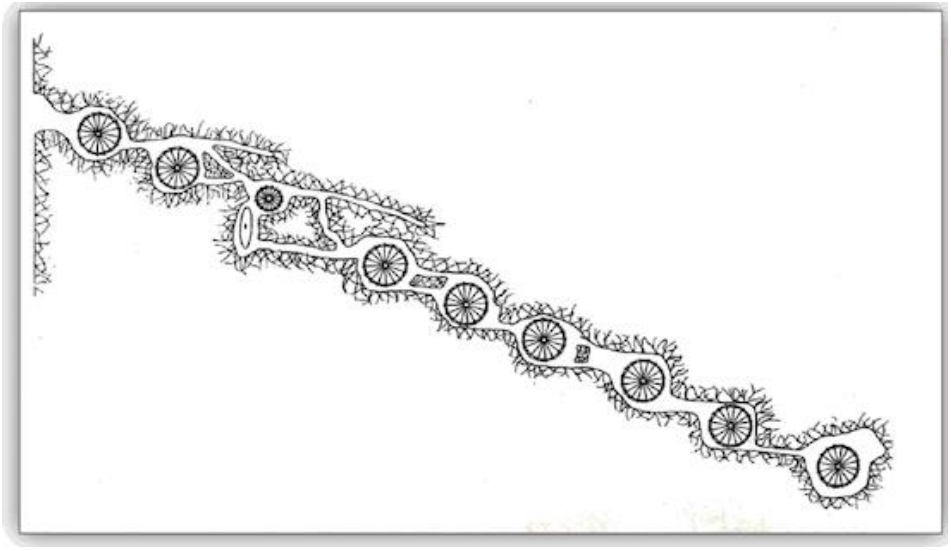
مخطط (١)ساقية التيمبانيوم



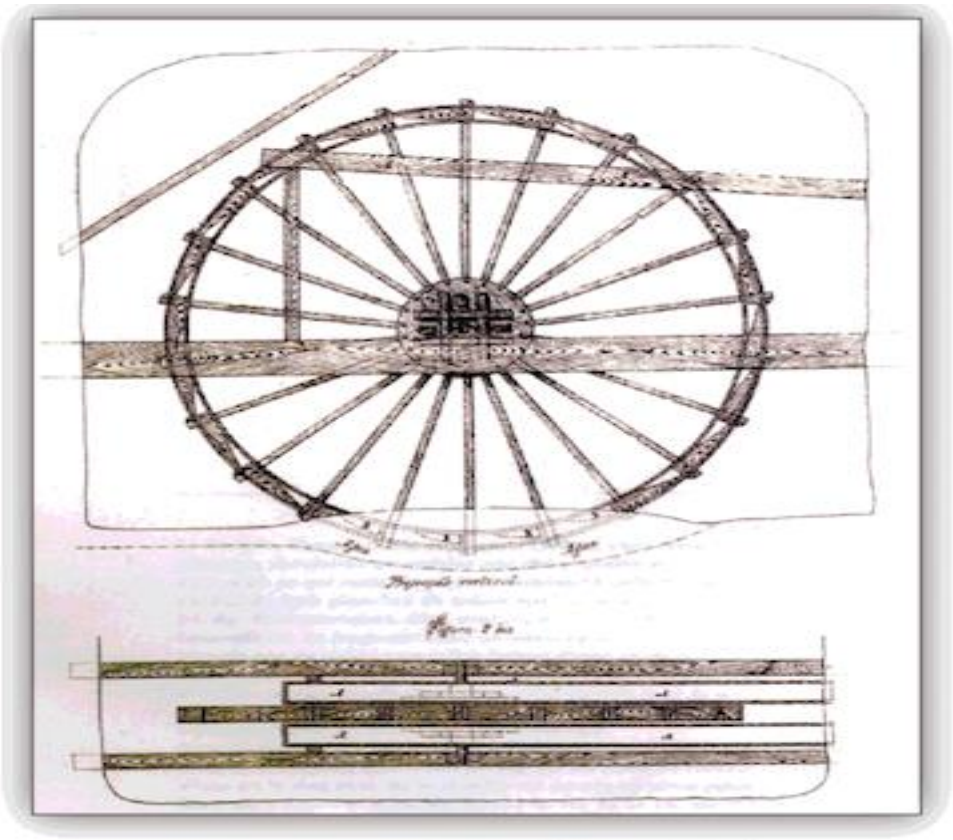
مخطط (٢) ساقية ذات علب على الإطار الخارجي



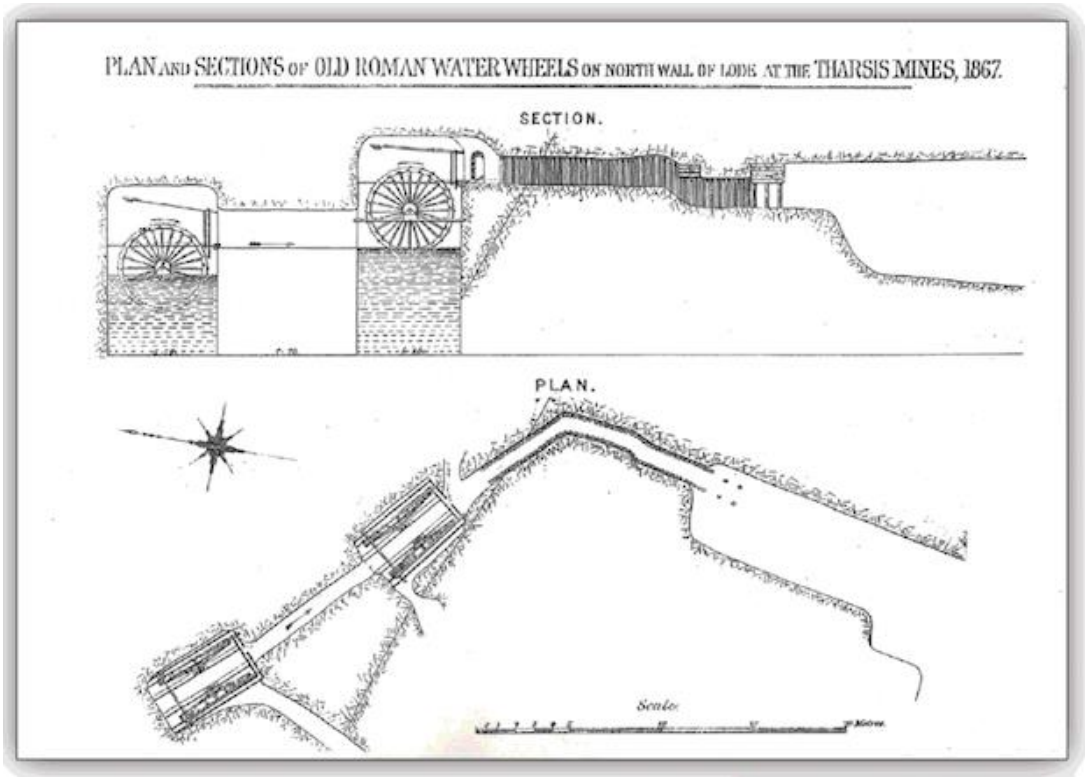
مخطط (٣) الساقية ذات السلاسل



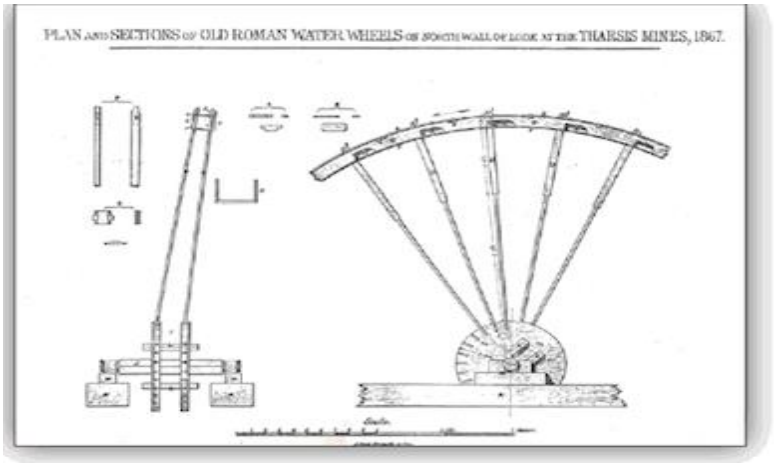
مخطط (٤) سواقي سان دومينجو مرتبة في ممرات منحدرة
DOMERGUE, C.; BINET, C; BORDES, J.H. 1999:



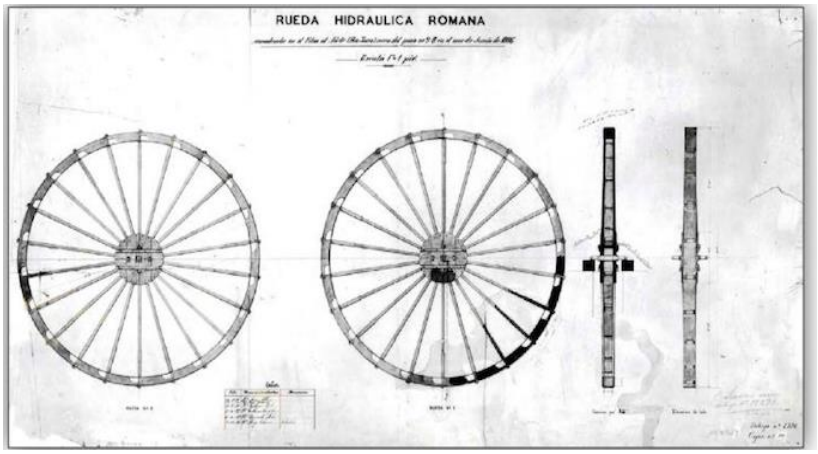
مخطط (٥) صورة أرشيفية متخيلة لساقية ساو دومينجو
DOMERGUE, C.; BINET, C; BORDES, J.H. 1999:



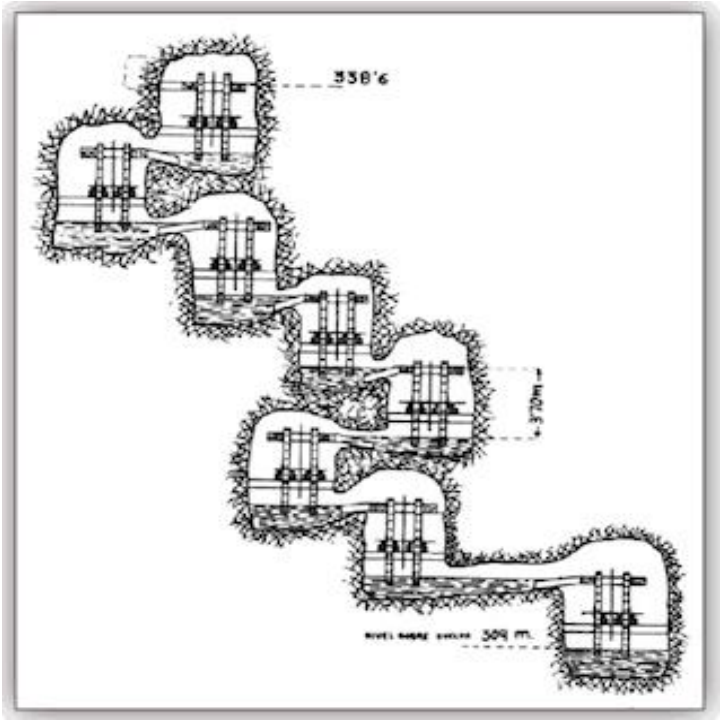
مخطط (٦) صورة أرشيفية لسواقي سارسيس
STEVENSON, A.S. 1875



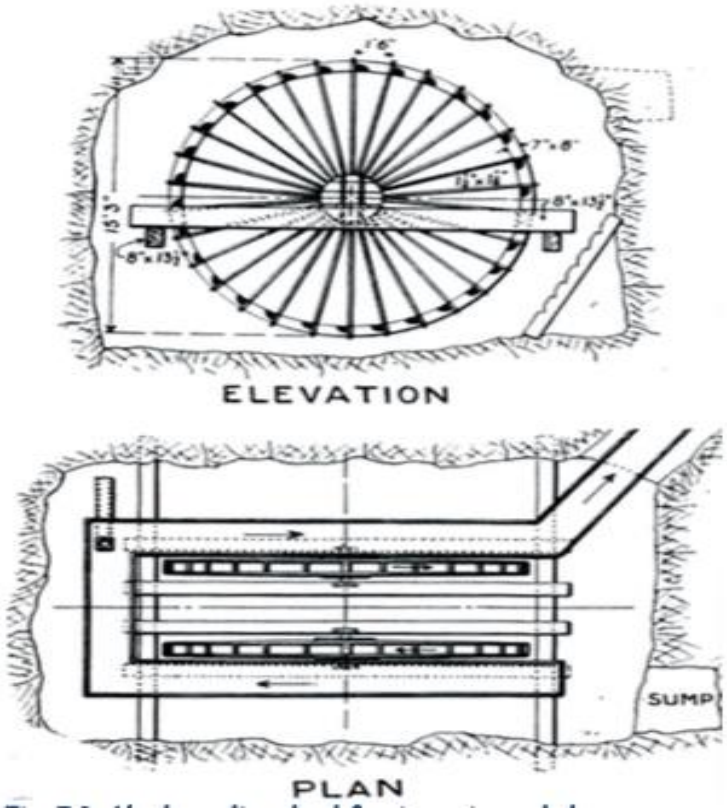
مخطط (٧) صورة أرشيفية لساقية تارسيس
STEVENSON, A.S. 1875



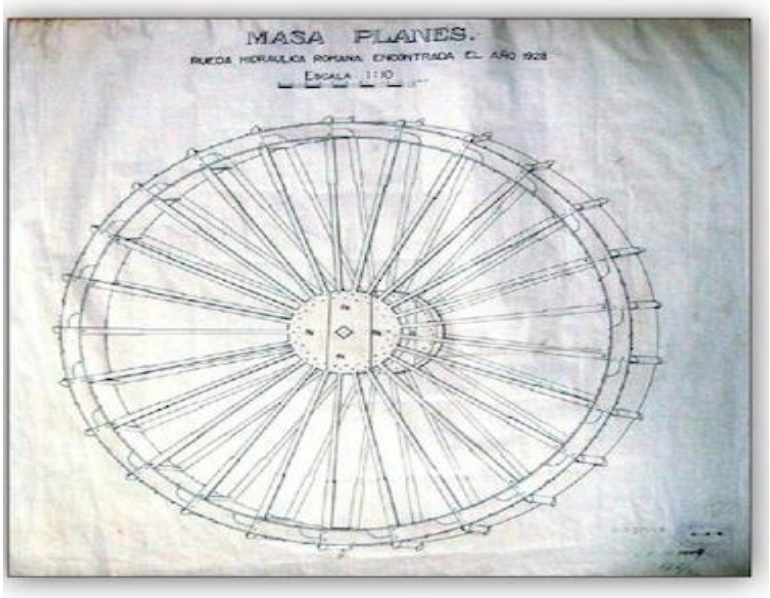
مخطط (٨) صورة أرشيفية لساقية ١٨٨٦
Domínguez ,A. Delgado ، 2011,



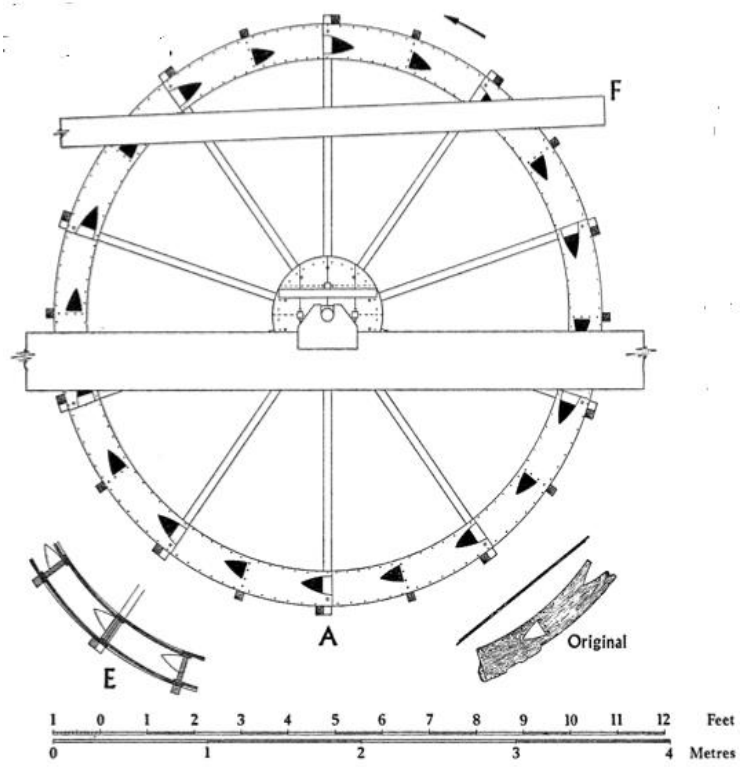
مخطط (٩) سلسلة سواقي فيلون الجنوبية.
2011,،Domínguez ,A. Delgado



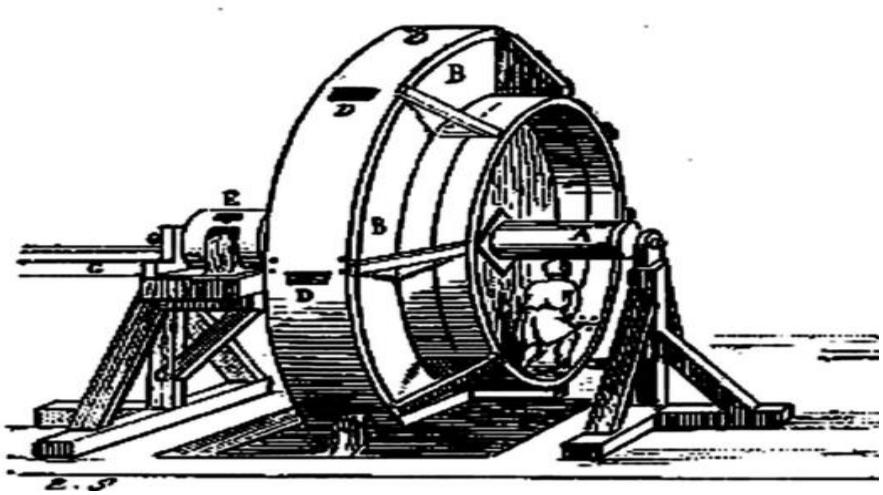
مخطط (١٠) مخطط بالمر وشرح للساقية التي وجدت ضمن المجموعة ٣ والمكونة من ٢٨ساقية.
PALMER, R. E. 1926-1927:



مخطط (١١) مخطط بالمر لساقية ١٩٢٨ والمحفوظة حاليا بمتحف ولبا.
PALMER, R. E. 1926-1927:



مخطط (١٢) ساقية دولاكوشي
George C. Boon and Colin Williams. (1966



مخطط (١٣) ساقية تمبانيوم بداخلها عامل لدورانها

صورة (١) مسمار ارخميدس – الطنبور

صورة (٢) ساقية المتحف البريطاني

https://research.britishmuseum.org/research/collection_online/collection_object_details.aspx?objectId=463621&partId=1

صورة (٣) صورة لساقية عام ١٩١٠

Domínguez ,A. Delgado ، 2011,

صورة (٤) ساقية متحف اولبا

https://www.visit-andalucia.com/one_post.php?id=135&title=huelva-archaeological-museum

صورة (٥) سواقي دولاكوثي

https- museum.wales media 3859 L_017T-DOLAUCOTHI-WATERWHE.jpg

صورة (٦) طريقة دفع الساقية
2011،Domínguez ,A. Delgado

الحواشي:

[1] - Salkield,L,U,2014, A technical history of the Rio Tinto mines: some notes on exploitation from pre-Phoenician times to the 1950s, Springer Netherlands, 2014,p10

[2] -https://en.wikipedia.org/wiki/Roman_metallurgy

- Robert Shepherd. 1993,Ancient Mining. Chapman & Hall, London and New York,p35.

[3] - El-Ghannam Wafaa,2010,"Water-lifting technology in Graeco-Roman Egypt "Science History Center,Cairo,247-280.

[4] - Landels, J. G. 1977, Engineering in the Ancient World, University of California Press ,64 https://en.wikisource.org/wiki/Ten_Books_on_Architecture/Book_X/Chapter_IV

[5] - El-Ghannam Wafaa,2010,254

[6] -. https://en.wikisource.org/wiki/Ten_Books_on_Architecture/Book_X/Chapter_IV

[7] Landels,1977,71

[8] - Shepherd, p. 35

[9] - Davies, p. 24

[1][0] - Landels, p. 63

[١١] - بعد هزيمة القرطاجيين أمام الرومان ٢٠٥ ق. م، أحتل الرومان أغلب شبه الجزيرة الإيبرية واستغلوا مناجمها بكل إمكانياتهم ومهارتهم في التعدين، واستمر ذلك حتى عام ٤٢٥ م، حيث عثر على عملات رومانية تعود للإمبراطور هونوريوس (٣٩٥-٤٢٣م). ثم سقطت أعمال المناجم بدخول البرابرة منذ القرن الخامس الميلادي.

- L.U. Salkield,2014, P12

[1] - Domínguez A. Delgado ، 2011, Rotae Urionensis Las Noria Romanas De Riotinto (Huelva,Espana), TRAIANVS , 9

[1] - Domínguez، 2011,9

[1] - Domínguez، 2011،12

[1] - PALMER, R. E. 1926-1927: "Notes on some:. Pp. 303,p318.

LUZON NOGUÉ, J. M. 1968: "Los sistemas de desagüe. p. 112.

[1] - Aquilino Delgado Domínguez ,2015, LA NORIA DEL MUSEO DE HUELVA, UN UNICUM EN LA ARQUEOLOGÍA ROMANA , De Re Metallica, 24,36

[١٨] - لعام ٨٨ م. dendrochronological تم تأريخ حلقات الشجر للساقية-

-, Manzano Beltran ,p,2010,*Las técnicas y las construcciones en la ingeniería romana* , , Fundación de la Ingeniería Técnica de Obras Públicas,35

[1] - Manzano Beltran ,p,2010,357

[2] - Luzon1968,112

[2] - Luzon1968,112

[٢٢] - نتيجة لدراسة الطبقات الأرضية وتحليلها تم أعطاء هذا التاريخ للمنطقة، حيث كان مقر لمعسكر روماني أستمر وجودة من متصف القرن الأول الميلادي حتي نهاية الثاني.

- Béatrice Cauuet The Dolaucothy Gold Mines, Carmarthenshire (Wales, U.K.) , Technical Report · April 2000 ,63

[2] - The Dolaucothi Drainage Wheel.Author(s): George C. Boon and Colin Williams.Source: The Journal of Roman Studies, Vol. 56, Parts 1 and 2 (1966), pp. 122-127

[2] https://research.britishmuseum.org/research/collection_online/collection_object_details.aspx?objectId=463621&partId=1

[2] Luzon1968,112

George C. Boon and Colin Williams,The Dolaucothi Drainage Wheel,JRS 56,

DOMERGUE, C.; BINET, C; BORDES, J. H. 1999: "La roue de Sâo Dominguos...Op. cit. pp 49-59.

OJEDA CALVO, R. 2006: La Rota del Museo de Huelva...Op. cit pp. 10-39.

2 -Manzano Beltran ,p,2010- ,375

المراجع :

1- https://en.wikisource.org/wiki/Ten_Books_on_Architecture/Book_X/Chapter_IV
2- https://en.wikisource.org/wiki/Ten_Books_on_Architecture/Book_X/Chapter_IV

المراجع الأجنبية :

1- Aquilino Delgado Domínguez ,2015, *LA NORIA DEL MUSEO DE HUELVA, UN UNICUM EN LA ARQUEOLOGÍA ROMANA* , De Re Metallica,
2- Béatrice Cauuet ,April 2000 ,*The Dolaucothy Gold Mines*, Carmarthenshire (Wales, U.K.) , Technical Report .
3- DAVIES O. 1935: *Roman Mines in Europe*, Clarendon Press, Oxford.
4- Domínguez ,A. Delgado ، 2011, *Rotae Urionensis Las Noria Romanas De Riotinto (Huelva,Espana*), TRAIANVS , 9

5- DOMERGUE, C.; BINET, C; BORDES, J.H. 1999: "*La roue de Sâo Dominguos*". La revue. Musée des Arts et Métiers, no 27
6- El-Ghannam Wafaa,2010,"*Water-lifting technology in Graeco-Roman Egypt* "Science History Center,Cairo,
7- George C. Boon and Colin Williams. (1966), *The Dolaucothi Drainage Wheel*.: The Journal of Roman Studies, Vol. 56, Parts 1 and 2
8- Landels, J. G. 1977, *Engineering in the Ancient World,* University of California Press
9- LUZON NOGUÉ, J. M. 1968: "Los sistemas de desagüe en minas romanas del suroeste peninsular", Archivo español de Arqueología Vol. XLI, Madrid،.
10- OJEDA CALVO, R. 2006: "*La Rota del Museo de Huelva: apuntes sobre el origen, adscripción, uso y funcionalidad de una rueda de evacuación de agua hallada en Minas de Riotinto*" en Rueda elevadora de agua de las minas de Riotinto: Memoria de Intervención. Cuadernos PH, no18. Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. Sevilla
11- LUZON NOGUÉ, J. M. 1970: "*Instrumentos mineros de la España Antigua*", VI Congreso Internacional de Minería, Tomo I, León
12- LEWIS, P. R. 1977: *The Ogofau Roman gold mines at Dolaucothi*, The National Trust Year Book 1976-77.
13- Manzano Beltran ,p,2010,*Las técnicas y las construcciones en la ingeniería romana* , , Fundación de la Ingeniería Técnica de Obras Públicas,
14- OLESON, J.P. 1984: *Greek and Roman Mechanical Water-lifting devices: The History of a Technology*, Toronto. University of Toronto Press,
15- PALMER, R. E. 1926-1927: "*Notes on some ancient mining equipments and systems*" en Transactions Institution of Mining and Metallurgy Vol. XXXV, Cleveland House, 225, City Road London,
16- RICHARD, T. A. (1928): *The mining of the Roman in Spain*, Journal of Roman Studies, XVIII, London,
17- Robert Shepherd. 1993,*Ancient Mining*. Chapman & Hall, London and New York,
18- Salkield, L.U,2014, *A technical history of the Rio Tinto mines: some notes on exploitation from pre-Phoenician times to the 1950s*, Springer Netherlands,
19- STEVENSON, A.S. 1875: "*Observations on a roman water Wheel from the ancient working of the mines of Tharsis in Southern Spain"*. Archaeologia Eliana VII,
20- WILLIES, L.1999: *Roman Mining at Rio Tinto*, The bulletin of the Peak District Mines Society Vol. 13, number 3.