



**PROJECTE ELECTROMECÀNIC D'AUTOMATITZACIÓ
D'UNA CAMPANA TRADICIONAL VALENCIANA
MITJANÇANT LÒGICA PROGRAMABLE**

IES "ENRIQUE TIERNO GALVÁN" MONTCADA (VALÈNCIA)
DEPARTAMENT D'ELECTRICITAT-ELECTRÒNICA
TÈCNICS EN INSTAL·LACIONS ELÈCTRIQUES I AUTOMÀTIQUES
PROMOCIÓ 2018/2020
CURS 2019/2020

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ	3
2. ADQUISICIÓ DE LA CAMPANA SANTA MARIA	4
3. DIBUIX I MECANITZAT DE LA TRUJA DE FUSTA DE PERFIL TRADICIONAL VALENCIÀ	“
4. VISTA EN ALÇAT DE LA SIMETRIA DE LES DUES PARTS DE LA TRUJA	“
5. ENCOLAT, PREMSATGE I ENVERNISSAT DEL CONJUNT DE LA TRUJA	5
6. ACOBLAMENT DELS DIFERENTS FERRATGES EN LA TRUJA I EN EL CONJUNT DE LA CAMPANA	“
7. LA CAMPANA AMB TOTS ELS SEUS ACCESSORIS ACOBLATS	“
8. INSTAL·LACIÓ DE LA CAMPANA A LA SEUA “ESPADANYA”	6
9. EQUILIBRATGE DEL CONJUNT DE LA CAMPANA A LA SEUA “ESPADANYA”	“
10. INSTAL·LACIÓ DELS DIFERENTS ACCESSORIS DE TRACCIÓ DE LA CAMPANA: CADENA, MOTOR D’ARROSSEGAMENT I PINYÓ MOTRIU, AUTÒMAT PROGRAMABLE I VARIADOR DE FREQUÈNCIA	7
11. CABLEJAT DE LA INSTAL·LACIÓ	10
12. DISSENY I PROGRAMACIÓ DE LES DIFERENTS SEQÜÈNCIES DE VOLTEIG I MIG VOL PER A DIFUNTS, AMB EL SOFTWARE (LOGO de SIEMENS)	13
13. CARACTERÍSTIQUES DEL MOVIMENT GIRATORI DE LA CAMPANA	16
14. ASPECTES MUSICALS DE LA CAMPANA SANTA MARIA: RÍTMICS I TAULES DEL SO FONAMENTAL I ELS SEUS PARCIALS O HARMÒNICS, SEGONS EL SOFTWARE PER A CAMPANES (WAVANAL)	17
15. ENLLAÇ PER A VEURE ELS VÍDEOS DELS PRIMERS ASSAJOS DE LA CAMPANA SANTA MARIA: VOLTEIG GENERAL, VOLTEIG SOLEMNE I MIG VOL DE DIFUNTS	19

1. INTRODUCCIÓ

Amb la tècnica però respectant la tradició i fomentant l'afició

Des del Departament d'Electricitat-Electrònica de l'IES “Enrique Tierno Galván” de Montcada (València), i, més concretament, des del CFGM de Tècnic en Instal·lacions Elèctriques i Automàtiques, s'ha desenvolupat un il·lusionant projecte de disseny, muntatge, programació i posada en marxa d'un sistema de control dels diversos moviments que les campanes de perfil tradicional valencià porten a terme hui dia en algunes de les sales de campanes de la nostra comarca de l'Horta Nord de València. Ha sigut arran d'endinsar-nos en el treball d'investigació que s'ha realitzat sobre aquests ancestrals instruments de percussió idiòfons a l'esmentada comarca¹, quan des del mòdul formatiu de Màquines Elèctriques del segon curs del susdit CF s'ha fet un exhaustiu estudi al voltant d'una campana adaptada *ex professo* a la tradició campanera a la nostra demarcació geogràfica.

El projecte el vam iniciar en la segona avaluació del curs acadèmic, concretament, fou el passat dijous 30 de gener quan vam efectuar la compra de la campana. Nogensmenys, en ser declarat l'estat d'alarma a causa de la pandèmia de la COVID-19, el projecte va quedar paralitzat fins al divendres 5 de juny, dia en què vam poder reprendre les classes de manera presencial en la nostra aula-taller. Fou a partir d'eixe moment quan vam poder realitzar els primers assajos sobre l'automatització de la campana Santa Maria sota lògica programable.

Així doncs, tot el procés va començar amb l'adquisició d'una reduïda campana típica de vaixell, amb una grandària de 15x18 cm i d'1,3 Kg de pes, a la qual se li ha afegit un contrapés de fusta (a València denominat “truja”), de 20x25 cm i d'1,03 Kg de pes. Tot açò s'ha portat endavant perquè tot el conjunt poguera convertir-se en una campana de volteig de perfil tradicional valencià. De fet, el disseny de la truja s'ha fet a escala i imitant a les que porten les campanes de la Catedral de València i que estan emplaçades a la sala de campanes de la torre d'El Micalet de la Seu. Així doncs, cal dir que el grup d'alumnes del segons curs del CFGM de Tècnic en Instal·lacions Elèctriques i Automàtiques han participat activament en tots els treballs que han sigut necessaris per a dur a terme aquest interessant i cridaner projecte, i tots ells han estat sota la direcció del professor titular de l'esmentat mòdul formatiu. Una pràctica que, a més a més, està directament relacionada amb la nostra especialitat docent i discent, i que ara passem a explicar de manera acurada en les seues diferents fases d'execució.

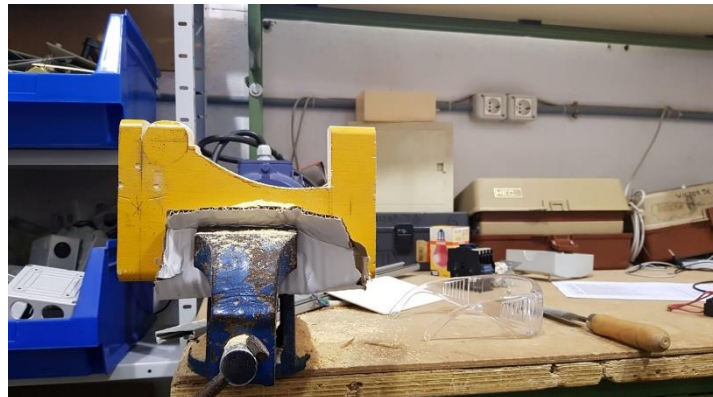
¹ TORMOS CAPILLA, Juan Bautista, *Colps de batall a l'Horta Nord: història, tradició i noves tecnologies*, Institució Alfons el Magnànim-Centre Valencià d'Estudis i d'Investigació (IAM-CeVEI), Col·lecció d'Estudis Comarcals, Diputació de València, [en preparació].

2. ADQUISICIÓ DE LA CAMPANA SANTA MARIA



Figura 1. La campana Santa Maria a la tenda d'un galerista sevillà.

3. DIBUIX I MECANITZAT DE LA TRUJA DE FUSTA DE PERFIL TRADICIONAL VALENCIÀ



Figures 2 i 3. Dues parts simètriques de la truja. Fase de serrat i llimat de la fusta en el caragol de banc de mecanitzat. La fusta és de pi treta d'un tauló pintat de color groc de 185x12,5x3 cm, i que en origen feia la funció de penjador.

4. VISTA EN ALÇAT DE LA SIMETRIA DE LES DUES PARTS DE LA TRUJA



Figures 4 i 5. Les dues parts simètriques de la truja escatades i preparades per al seu encoltatge.

5. ENCOLAT, PREMSATGE I ENVERNISSAT DEL CONJUNT DE LA TRUJA



Figures 6 i 7. Encolatge i premsatge de les dues parts simètriques de la truja. Envernissat del conjunt de la truja emulant la fusta vetusta de les campanes de la Catedral de València. El vernís amb el qual s'ha pintat ha sigut Tollens Xilodex amb un color de noguera del Canadà setinat.

6. ACOBLAMENT DELS DIFERENTS FERRATGES EN LA TRUJA I EN EL CONJUNT DE LA CAMPANA



Figures 8 i 9. La truja ha quedat conjuntada amb 5 platines de ferro de 100x20x4 mm, amb caragols de M5x50 mm. També s'observen els diversos accessoris per a muntar el conjunt de la campana. L'eix de la campana és una vareta d'acer inoxidable amb caragol de M8x400 mm i volanderes i torques també de la dita mètrica.

7. LA CAMPANA AMB TOTS ELS SEUS ACCESSORIS ACOBLATS



Figures 10, 11 i 12. Vistes de la campana Santa Maria amb tots els seus accessoris ja muntats. La roda dentada acoblada en el braç dret de l'eix és un plat de bicicleta de 42 dents, amb un diàmetre de Ø180 mm. En l'interior de copa es poden observar les dues peces que delimiten la trajectòria perpendicular del batall sobre el batedor. En les campanes de perfil tradicional valencià, aquesta última operació la realitza una peça de fusta denominada “soquet”, que fa que el colp del batall sobre la cara interna del batedor siga més franc, ferm i sempre es produïska al mateix lloc del bronze. Amb això, el punt de contacte entre ambdues parts no canvia.

8. INSTAL·LACIÓ DE LA CAMPANA A LA SEUA “ESPADANYA”

Per a portar a terme la instal·lació de la campana a la seua singular “espadanya”, s’ha fet ús de dos llistons de fusta de pi mecanitzats i envernissats *ex professo*, amb unes mesures de 88x6,25x3 cm, i han sigut subjectats als perfils metàl·lics posteriors d’un dels panells moduls mitjançant caragols de M6x80 mm. Ens hem decantat per uns recolzaments de fusta perquè, el mateix que passa amb la truja, les característiques intrínseques d’aquesta matèria primera esmorteixen les vibracions provocades per les forces horitzontals i verticals que s’originen en el moviment de volteig de la campana amb un gir continu, amb la qual cosa es pal·lien els esforços dirigits sobre l’estructura metàl·lica del panell esmentat.



Per altra banda, a la part central dels llistons se’ls ha incorporat dos coixinets de boles d’acer per a eix de M8 (model P08, 2 forats de 37 mm i Ø6 mm), i han sigut fixats als dos llistons amb caragols de M5x40 mm. Aquests dos rodaments, un a cada costat de l’eix de la campana, faciliten l’equilibratge de l’instrument i també redueixen les vibracions de tot el conjunt, a més de millorar el gir de l’eix de la campana una vegada entre en funcionament el seu sistema de tracció mitjançant cadena simple de bicicleta (model 1/2x1/8).

Figura 13. Vista del perfil esquerre de la campana i del sistema d’ancoratge.

Així doncs, tot el conjunt ha quedat muntat sobre l’estructura metàl·lica d’uns dels simuladors dels quals disposa l’aula-taller del segon curs del CFGM de Tècnic en Instal·lacions Elèctriques i Automàtiques del nostre IES. Un laboratori d’assajos elèctrics perfectament equipat com per a impartir una formació professional de perfil industrial de qualitat i d’avantguarda, tal com demanda hui dia el sector empresarial més exigent dedicat a l’electrotècnia, atés que és un dels CF que més ocupabilitat i inserció laboral acredita entre la gran oferta de famílies professionals que s’ofereixen des de la Conselleria d’Educació, Cultura i Esport.

9. EQUILIBRATGE DEL CONJUNT DE LA CAMPANA A LA SEUA “ESPADANYA”

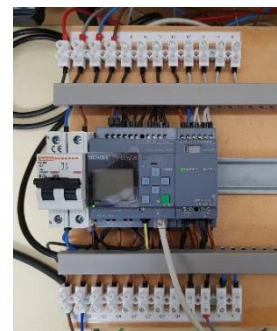


Figura 14. Vista en alçat del conjunt de la campana ja equilibrat.

Una vegada assentat el conjunt de la campana en l'espaldanya habilitada en el perfil metàl·lic del simulador, s'ha fet ús d'una mena d'eines² per deixar totalment horitzontal l'eix de la campana, i, amb això, que es puga aconseguir el paral·lelisme del recorregut de la cadena entre la roda de l'eix de la campana i el pinyó motriu del motor. La tensió de la cadena entre els dos eixos de gir s'ha fet respectant la normativa vigent al respecte, és a dir: que una vegada tensada la cadena i en pressionar-la en un punt intermedi entre els dos eixos, aquesta ha de poder flexionar entre 10 a 20 mm cap avall a partir de la seua trajectòria lineal en repòs.

Per altra banda, cal comentar que com la campana pesa 1,3 kg i la truja 1,03 Kg, la diferència ha estat suficient perquè el conjunt de l'instrument es quede en equilibri sobre la vertical, encara que s'ha quedat una mica ajustat i de vegades l'eix longitudinal de la campana queda un poc desplaçat de la vertical. Aquest efecte es podria evitar adherint algunes plaques de plom adhesives a la part interior de la campana, però hem pogut comprovar que el so de l'instrument canvia bastant en alterar la seua vibració natural.

10. INSTAL·LACIÓ DELS DIFERENTS ACCESSORIS DE TRACCIÓ DE LA CAMPANA: CADENA, MOTOR D'ARROSSEGAMENT I PINYÓ MOTRIU, AUTÒMAT PROGRAMABLE I VARIADOR DE FREQUÈNCIA



Figures 15, 16 i 17. Motor de 3 velocitats amb pinyó motriu acoblat al seu eix amb caragol de M6 i sobre peça de niló que emula la xaveta, variador de freqüència SD 100 i mòdul lògic programable LOGO V8.

El pinyó motriu acoblat a l'eix del motor és d'aliatge d'alumini de $Z=13$, $\varnothing_i = 11$ mm, $\varnothing_e = 60$ mm i grossària 9 mm, per a arrossegat una cadena (model 1/2x1/8).

El motor elèctric és asíncron III de rotor en curtcircuit de tres velocitats de la casa ALECOPI. És una màquina elèctrica rotativa que pot aconseguir velocitats de 1500/1000/500 r.p.m., i que, depenent de la seua connexió i velocitat, pot oferir potències d'1/0,8/0,05 CV, amb consums de 3,8/1,6/0,55 A, respectivament. En el nostre cas, hem considerat oportú fer la connexió estrella simple, (U12-V12-W12), trifàsica a 230 V_I per a aconseguir una velocitat nominal de 500 r.p.m. (12 pols), sent la potència nominal que ofereix en aquesta connexió de 0,05 CV (36,8 W), amb una intensitat de 0,55 A. Veritablement es tracta d'una potència molt reduïda, però per a aquesta pràctica en qüestió ha sigut més que suficient. Hem de tenir en compte que en un sistema de transmissió simple entre dues corrioies com és el cas que ens ocupa, la força que s'origina en el pinyó motiu es multiplica en el plat acoblat a la campana, és a dir, a menor diàmetre major velocitat però també menor parell motor (N·m), i viceversa.

² Les eines de mà utilitzades han sigut un nivell de bombolla ACESA 40, un flexòmetre STANLEY 5 m/16" amb precisió classe II, un calibre SESA Tools amb precisió de 0,01 mm i amb caragol ABS, i d'un micròmetre SESA Tools amb precisió de 0,01 mm/25-50 mm.

En aquest sentit, el fet que el fabricant del motor no haja especificat en la placa de característiques tècniques del motor ni tampoc en la fitxa tècnica de la màquina el valor del moment de rotació útil o parell motor, ha fet que s'haja hagut de calcular per la nostra part, ja que, amb això, hem pogut conèixer una de les magnituds associades a la mecànica d'aquesta pràctica. No debades, l'avantatge de treballar amb un V/F radica en el fet que en variar algunes de les magnituds de la xarxa elèctrica d'alimentació com són el cas de la tensió i la seua freqüència, entre altres, el moment de rotació o parell motor de la màquina asíncrona es manté constant dintre del seu règim nominal. És a dir, el moment de rotació útil d'un motor asíncron de rotor en curtcircuit com aquest és definit per la següent expressió matemàtica:

$$M_u = P_u / \omega \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot n_r / 60$$

On: M_u = moment de rotació nominal (N·m)
 P_u = potència útil de motor (W)
 ω = velocitat angular (rd/s)
 n_r = velocitat del rotor "eix del motor" (r.p.m.). En aquest cas i en menysprear el lliscament hem agafat el valor de n_1 (150 r.p.m.). Cal dir que com no hem contemplat cap lliscament, la n_1 coincideix amb la coneguda com a velocitat de sincronisme n_s , és a dir, la del camp magnètic giratori de l'estator del motor que és directament proporcional al valor de la freqüència:

$$n_s = 60 \cdot f / p$$

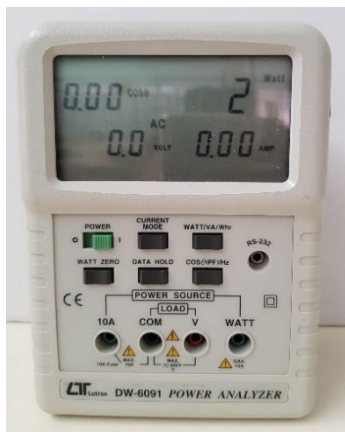
Sent: n_s = velocitat de sincronisme (r.p.m)
 f = freqüència de la xarxa elèctrica (a Espanya 50 Hz), però en aquesta pràctica el V/F l'ha regulat a 15 Hz.
 p = nombre de parells de pols del motor (en aquest cas $p=6$)

Així doncs:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n_r / 60 = 2 \cdot \pi \cdot 150 / 60 = 15,70 \text{ rd/s.} \qquad M_{u1} = P_u / \omega = 36,8 / 15,70 = 2,34 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Evidentment, i, a partir d'ací, es podrien obtenir més magnituds mecàniques associades a aquesta instal·lació, però eixa no és la comesa d'un Tècnic en Instal·lacions Elèctriques i Automàtiques. Cal tenir en compte que quan un d'aquests tècnics titulats és sol·licitat per a posar en marxa una màquina en qualsevol empresa o taller, aquesta sol portar de fàbrica el motor adequat en funció de la seua aplicació pràctica. Així doncs, el tècnic d'aquesta especialitat el que ha de fer és planificar, dissenyar, calcular els diversos aparells de protecció i control, muntar la instal·lació i posar en funcionament a la dita màquina, però no endinsar-se en qüestions mecàniques que excedeixen a les seues competències professionals.

De fet, hui dia si un d'aquests tècnics fan una lectura i interpretació adequada de la placa de característiques d'un motor elèctric, amb l'ajuda de taules, àbacs, analitzadors digitals de la xarxa elèctrica, polímetres digitals, tacòmetres digitals, etcètera, sense oblidar els nous programes digitals de càlcul, pot ajustar-se d'una manera molt fidedigna a l'hora de normalitzar l'aparellatge elèctric necessari per a portar a terme una instal·lació elèctrica d'aquest tipus: conductors, fusibles, magnetotèrmics, diferencials, contactors, relés tèrmics...



Figures 18, 19, 20 i 21. Dos models d'analitzadors digitals de xarxes elèctriques, polímetre digital i tacòmetre digital disponibles a l'aula-taller d'electricitat del nostre IES

Fins i tot, com seleccionar el model de V/F en funció de les característiques tècniques del motor que ha d'engegar: tensions de treball, potència nominal, parells de pols, etcètera. No debades, entre els càlculs que ha de fer un Tècnic en Instal·lacions Elèctriques i Automàtiques a l'hora de fer el muntatge necessari per a posar en marxa un motor asíncron, estan els de la secció dels conductors i el de les proteccions de la instal·lació. Uns valors que depenen directament de la potència absorbida de la xarxa elèctrica pel motor i també de la intensitat consumida per aquest a plena càrrega, és a dir:

$$P_{ab} = P_u / \eta \quad I_l = P_{ab} / \sqrt{3} \cdot V_l \cdot \cos\phi$$

On:

- P_{ab} = potència absorbida pel motor (W)
- P_u = potència útil del motor (W)
- η = rendiment del motor (valor mitjà 85%), en aquest cas el fabricant del motor no ho indica a la placa de característiques de la màquina asíncrona, però per tractar-se d'un motor de potència reduïda està al voltant del 60%.
- I_l = intensitat de línia absorbida pel motor (A)
- V_l = tensió de línia de la xarxa elèctrica (V)
- $\cos\phi$ = factor de potència del motor (valor mitjà 0,85), en aquest cas el fabricant del motor no ho indica a la placa de característiques de la màquina asíncrona, però la nostra experiència ens indica que estarà bastant per sota de 0,85.

Pel que respecta a la pràctica que ens ocupa, s'ha menyspreat els valors en el moment de l'arracada per tractar-se d'un procés indirecte o auxiliar amb V/F i amb rampa d'acceleració, per la qual cosa no apareix el corresponent pic en la intensitat d'arracada: un valor que pot arribar a ser 7 vegades major al de la I_n (0,55 A) del motor amb el mètode directe d'arracada. Fins i tot, es podria ometre el que dictamina la [Taula 1] de la ITC-BT-47 (motors) del REBT³, quan al coeficient que s'ha de tenir en compte a l'hora d'arrancar un sol motor: dimensionar la intensitat del motor a plena càrrega al 125%.

Quant al convertidor o variador de freqüència (V/F), comentar que és el model SD 100 de la casa POWER-ELECTRONICS, amb una entrada monofàsica I+N a 230Vca, i una eixida trifàsica III també a 230Vca, però en aquest cas de tensió de línia.

³ El REBT que hem consultat ha sigut el de la quinta edició de l'editorial Marcombo, S.A., Barcelona, 2018.

Així mateix, el V/F utilitzat admet motors que no superen la potència nominal de 0,4 KW. La selecció d'aquest model de V/F no ha sigut un fet casual. Els cinc panells modulars del laboratori d'assajos de màquines elèctriques de l'IES "Enrique Tierno Galván" de Moncada, disposen de subministrament de tensió III+N de 400 Vca de tensió de línia i 230Vca de tensió de fase. Tanmateix, hem volgut fer ús d'un V/F amb entrada I+N a 230 V perquè hui dia és el més habitual en aquestes instal·lacions que es munten en les sales de campanes de les torres campanar que hi ha emplaçades a la nostra comarca de l'Horta Nord.

Pel que respecta a l'autòmat programable, dir que és un LOGO V.8 de la marca SIEMENS, l'últim model comercialitzat per l'empresa alemanya que ens permet la possibilitat de programar-lo tant des dels comandaments manuals (teclat-consola) com també per via ethernet (ordinador). Al mòdul lògic se li ha afegit un mòdul auxiliar d'expansió que ha deixat a l'autòmat amb un total de 12 entrades (I) i 8 eixides (Q).

11. CABLEJAT DE LA INSTAL·LACIÓ

Qualsevol instal·lació de línia elèctrica interior o receptora en baixa tensió (B.T.) segons la (ITC-BT-19) del REBT, s'ha de fer tenint en compte la caiguda de tensió de la línia (c.d.t.) i la intensitat màxima admissible pels conductors a instal·lar en ella (I. màx.).

Les expressions matemàtiques utilitzades per al càlcul de seccions per (c.d.t.) en línies trifàsiques amb... o sense fil neutre i monofàsiques més neutre, respectivament, són aquestes:

$$S = P \cdot L / \gamma \cdot e \cdot V_l = \quad S = 2 \cdot P \cdot L / \gamma \cdot e \cdot V_f$$

Sent:

S= secció del conductor (mm²)

P= potència activa de la instal·lació (W)

L= longitud de la línia a instal·lar (m)

γ = conductivitat del conductor a 70 °C (Cu= 48 Ω .mm²/m; Al= 30 Ω .mm²/m)

e= c.d.t. de la línia (V), en aquest cas per tractar-se d'una instal·lació interior o receptora d'altres usos el 5% de la V_l o de la V_f segons les característiques de la línia d'alimentació que, per a aquesta pràctica, i, en ambdós casos, serà d'11,5 V.

V_l = tensió de línia (V), en aquest exemple III a 230Vca.

V_f = tensió de fase (V), en aquest cas I+N a 230Vca.

Tanmateix i pel cas que ens ocupa, l'experiència apresada durant aquests cursos mentre ens preparàvem per a l'obtenció del títol de Tècnic en Instal·lacions Elèctriques i Automàtiques ens ha indicat que, en el càlcul de línies elèctriques que tenen longitud reduïda com és aquest cas (2 m), condiciona més el valor de la intensitat que passa per la línia que el de la c.d.t. que puguen originar els seus conductors.

Per aquest motiu, i, per a aquest cas en concret, ens hem decantat per un cablejat de força motriu (U12-V12-W12) i de comandament (L1-N-T/T) amb mànega de 3x1,5 mm² de coure i aïllament de PVC que admet una intensitat màxima de fins a 14,5 A, ja que s'ha de complir la següent expressió:

$$I_s \leq I_n \leq I. \text{màx.}_c$$

$$0,68 \leq I_0 \leq 14,5$$

On:

I_s = intensitat de servei (A), en aquest cas hem volgut agafar la més desfavorable ($0,55 \cdot 1,25 = 0,68$ A). Hem de dir que la lectura del corrent consumit pel motor en moviment de volteig no ha sigut possible observar-la en la pantalla del V/F, vist que és inferior a 0,1 A. Així doncs, la intensitat que absorbeix el motor en aquesta pràctica està lluny de la seua I_n (0,55 A).

I_n = intensitat nominal de la protecció a instal·lar (A), en aquest cas PIA de 10 A.

$I_{m\grave{a}x_c}$ = intensitat màxima que admet el conductor instal·lat (A)⁴.

També, i pel fet d'haver instal·lat un V/F, tampoc s'han portat a terme els càlculs de l'aparellatge de protecció del motor (fusibles, relé tèrmic...), com que és el mateix V/F qui el porta incorporat de fàbrica ja dimensionat i en consonància amb les seues característiques tècniques i específiques.

Amb tot i això, i seguint les instruccions del REBT segons la seua ITC-BT-25, tota instal·lació elèctrica interior que contemple un circuit d'utilització C11 (automatització), s'ha de protegir amb un interruptor automàtic PIA de 10 A [Fig. 17], motiu pel qual en l'esquema del cablejat general de la instal·lació adjunt també hem volgut contemplar les proteccions F1 i F2.

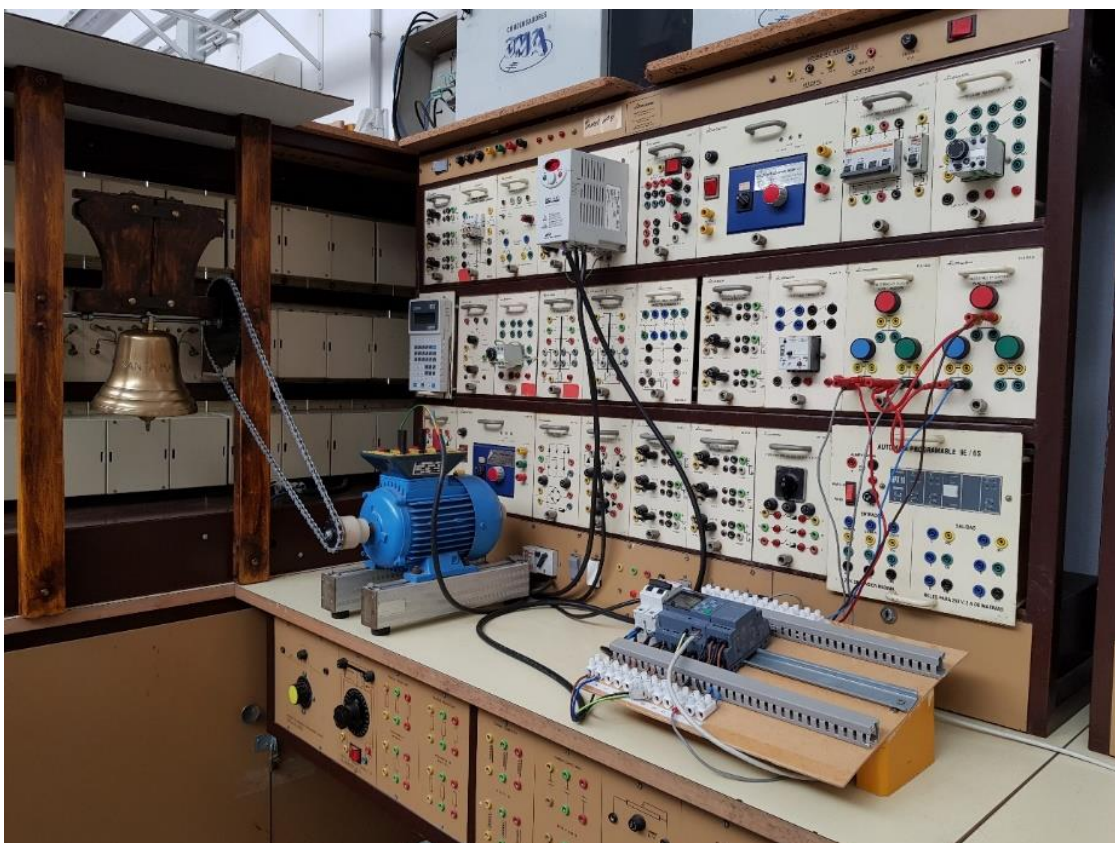
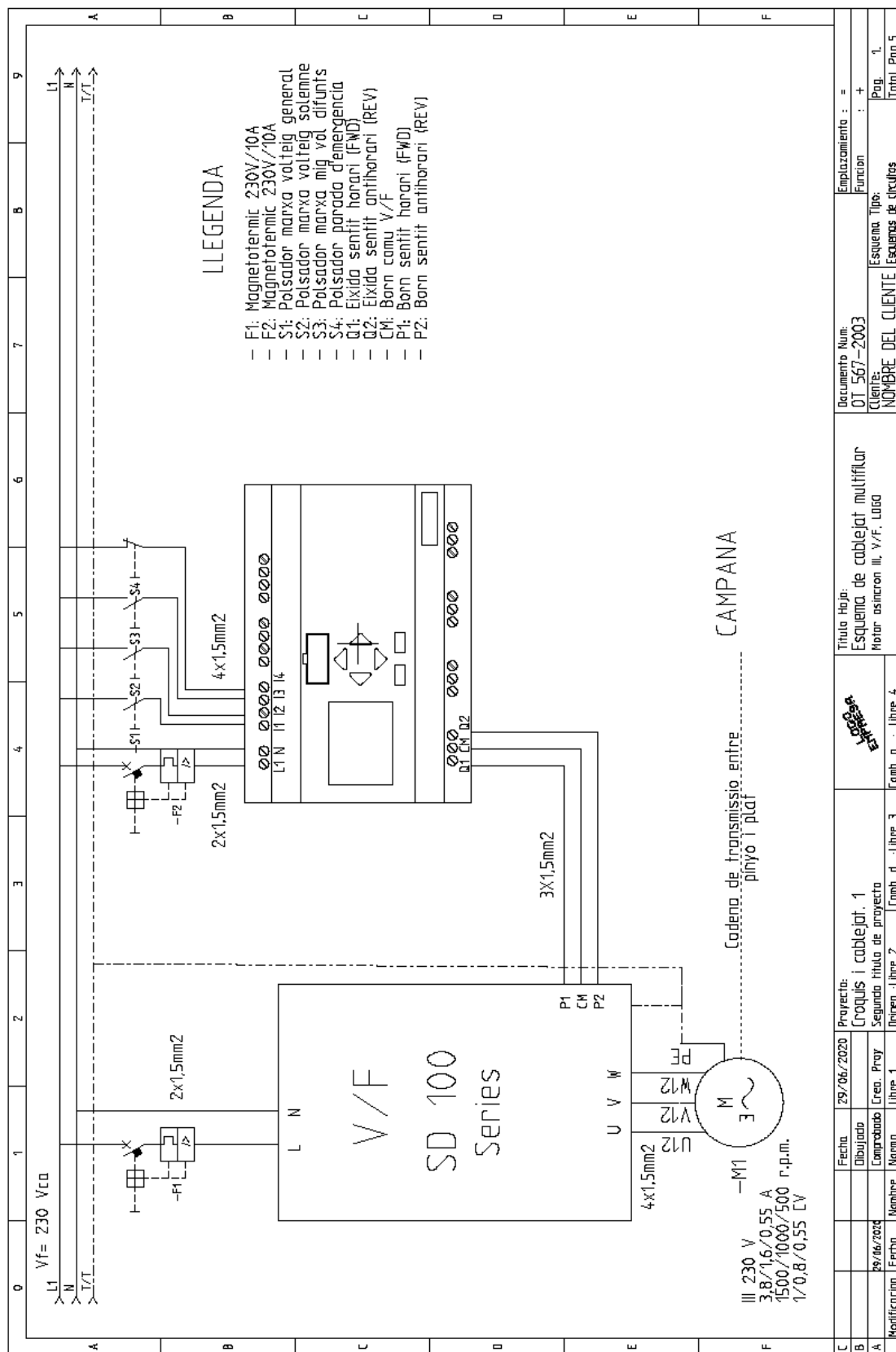
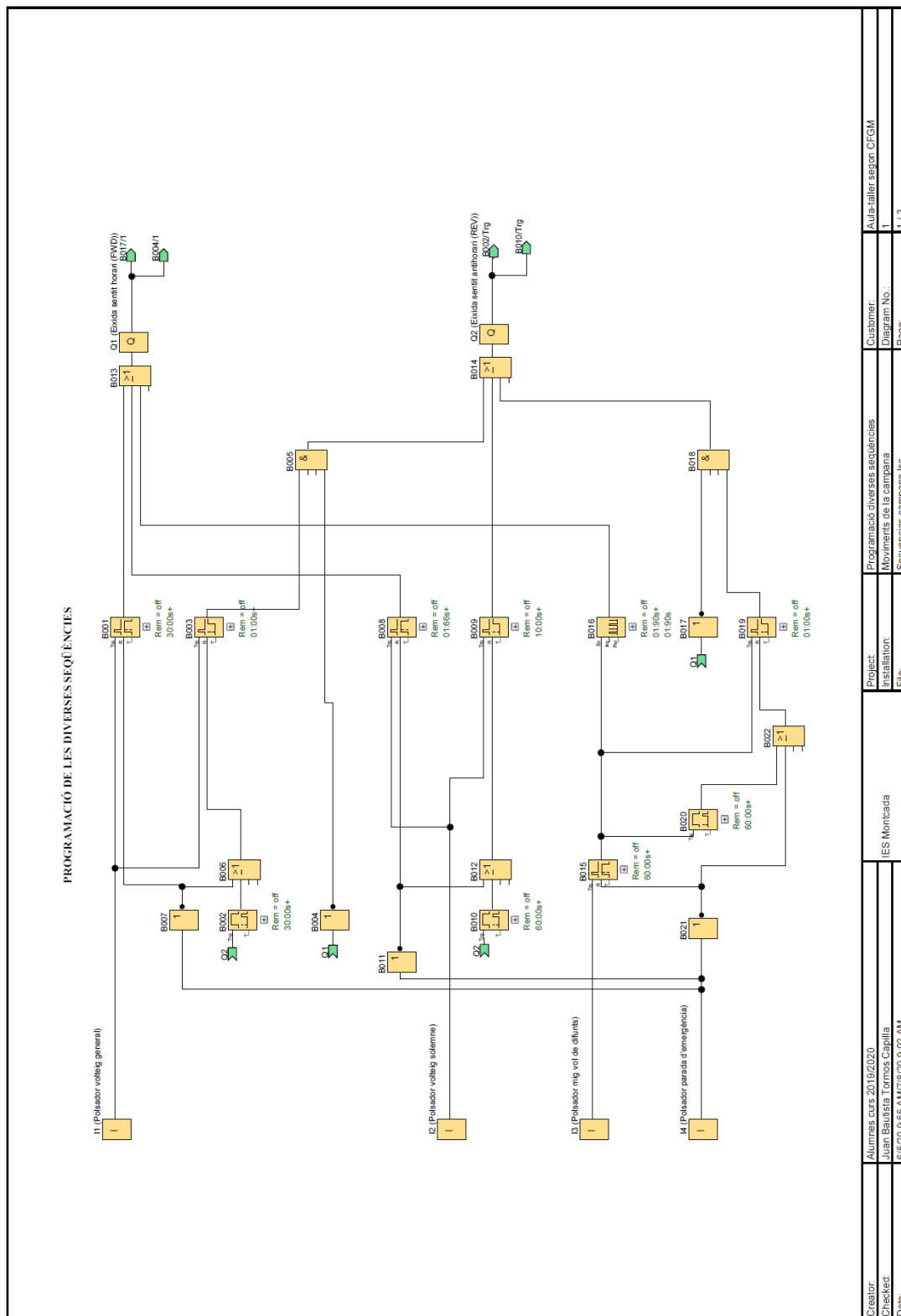


Figura 22. Tot el conjunt d'accessoris instal·lat, cablejat i connectat a punt de posar en marxa. Tant el V/F com l'autòmat programable s'han connectat a la xarxa d'alimentació I+N a 230 Vca de la part inferior del panell modular número 4, mitjançant dues clavilles schuko de 16 A. Així mateix, els quatre polsadors NA/NC modulars de la marca Telemecanique s'han connectat als borns d'entrada (I) de l'autòmat mitjançant conductors amb bananes aèries.

⁴ Les taules que s'han consultat han sigut les B.52-1 i C.52-1-bis (UNE-HD 60364-5-52: 2014), a una temperatura ambient de 40 °C en l'aire.



12. DISSENY I PROGRAMACIÓ DE LES DIFERENTS SEQÜÈNCIES DE VOLTEIG I MIG VOL PER A DIFUNTS, AMB EL SOFTWARE (LOGO de SIEMENS)⁵



Project:	IES Moncada	Project:	Programació diverses seqüències	Customer:	Aula taller segon CFGM
Installer:		File:	Moviments de la campana	Diagram No.:	1
			Seqüències campanar les	Page:	1 / 3
Creator:	Alumnes curs 2019/2020				
Checked:	Juan Baustista Torres Capilla				
Date:	5/5/20 9:55 AM/7/8/20 9:02 AM				

⁵ CD-ROM LOGO! Soft Confort, Versió V8.1., Siemens AG, 2016.

Block Number (Type)	Parameter
B001(Off-Delay) :	Rem = off 30:00s+
B002(On-Delay) :	Rem = off 30:00s+
B003(Retentive On-Delay) :	Rem = off 01:00s+
B008(Off-Delay) :	Rem = off 01:66s+
B009(Retentive On-Delay) :	Rem = off 10:00s+
B010(On-Delay) :	Rem = off 60:00s+
B015(Off-Delay) :	Rem = off 60:00s+
B016(Asynchronous Pulse Generator) :	Rem = off 01:90s+ 01:90s
B019(Retentive On-Delay) :	Rem = off 01:00s+
B020(On-Delay) :	Rem = off 60:00s+
Creator:	Alumnes curs 2019/2020
Checked:	Juan Bautista Tormos Capilla
Date:	6/5/20 9:55 AM/7/8/20 9:02 AM
IES Montcada	
Project:	Programació diverses seqüències
Installation:	Moviments de la campana
File:	Secuencias campana.lsc
Customer:	Aula-taller segon CFGM
Diagram No.:	1
Page:	2 / 3

Connection	Label
I1	Polsador volteig general
I2	Polsador volteig solemne
I3	Polsador mig vol de difunts
I4	Polsador parada d'emergència
Q1	Eixida sentit horari (FWD)
Q2	Eixida sentit antihorari (REV)

Creator:	Alumnes curs 2019/2020	IES Montcada	Project:	Programació diverses seqüències	Customer:	Aula-taller segon CFGM
Checked:	Juan Bautista Tormos Capilla		Installation:	Moviments de la campana	Diagram No.:	1
Date:	6/5/20 9:55 AM/7/8/20 9:02 AM		File:	Secuencias campana.lsc	Page:	3 / 3

Una vegada dissenyades les diferents seqüències de volteig general amb inversor de gir (FWD) i (REV), volteig solemne amb la copa de la campana parada amunt i mig vol per a difunts amb balanceig alt, segons les condicions de marxa i parada plantejades, la programació s'envia des del PC fins a l'autòmat programable via línia ethernet, atés que des de la taula del professor com també des de totes les dels alumnes ens podem comunicar amb els diversos autòmats de l'aula-taller del segon curs del CFGM de Tècnic en Instal·lacions Elèctriques i Automàtiques del nostre IES.

13. CARACTERÍSTIQUES DEL MOVIMENT GIRATORI DE LA CAMPANA

En primer lloc, cal dir que per a tractar-se d'una campana d'aquesta grandària i pes, i, segons l'experiència apresada en aquests anys arrere, hem cregut convenient que aquest instrument girara al voltant de les 50 r.p.m.

Així mateix, aquest sistema de tracció s'ajusta al que diu l'equació fonamental de velocitats per transmissió simple entre dues corrioles amb el mateix sentit de gir, és a dir:

$$\varnothing_1 \cdot n_1 = \varnothing_2 \cdot n_2$$

On:

- \varnothing_1 = diàmetre exterior del pinyó motriu acoblat a l'eix del motor (m)
- n_1 = velocitat de gir del pinyó motriu acoblat a l'eix del motor (r.p.m.)
- \varnothing_2 = diàmetre exterior de la roda dentada acoblada a l'eix de la campana (m)
- n_2 = velocitat de gir de la roda dentada acoblada a l'eix de la campana (r.p.m.)

Tanmateix, en el nostre cas en particular hem volgut aprofitar les noves tecnologies aplicades a l'electrotècnia fent ús d'un tacòmetre digital dual fotoelèctric, atés que el seu maneig està bastant difós entre els professionals. Així doncs, el procés per a controlar les velocitats angulars del pinyó motriu del motor i del plat de la campana van ser com ara passem a detallar:

Primerament, vam pressionar la punta de contacte del tacòmetre [Fig. 21] sobre un extrem de l'eix de la campana al mateix temps que manteníem pulsada el botó lateral dret del tacòmetre. A continuació, vam anar regulant la roda manual del control de la freqüència del V/F [Fig. 16], des de la posició (min) fins que el tacòmetre donara la mesura de 50 r.p.m. Per últim, vam desplaçar la punta de contacte del tacòmetre fins a l'orifici practicat en l'eix del motor, i vam comprovar que la mesura era, efectivament, de 150 r.p.m. De fet, estem davant d'un sistema de transmissió entre dues corrioles que tenen com a relació de transmissió un valor de $\acute{s} = \varnothing_2/\varnothing_1 = 180/60 = 3$. Una vegada controlades exhaustivament les dues velocitats n_1 (150 r.p.m) i n_2 (50 r.p.m), vam comprovar que en la pantalla del V/F [Fig. 16] marcava el valor de 15 Hz.

Cal comentar que, a més a més del que hem explicat abans, hem agafat un motor de 12 pols perquè el variador de freqüència haja d'injectar més freqüència en eixida que si haguérem fet ús d'un de 6 pols (1000 r.p.m) o de 4 pols (1500 r.p.m), i, amb això, el seu ventilador i el del motor treballaran més en consonància amb els seus respectius règims nominals i evitaran calfaments innecessaris. També ho hem fet així perquè, tal com hem vist adés, la potència de (0,05 CV) és més que suficient per a poder moure el sistema de tracció electromecànic d'aquesta campana tan menuda. De fet, ja hem dit abans que en cap dels moviments assajats el motor ha arribat a consumir els (0,55 A) que indica el fabricant quan el motor treballa en règim nominal a (500 r.p.m.).

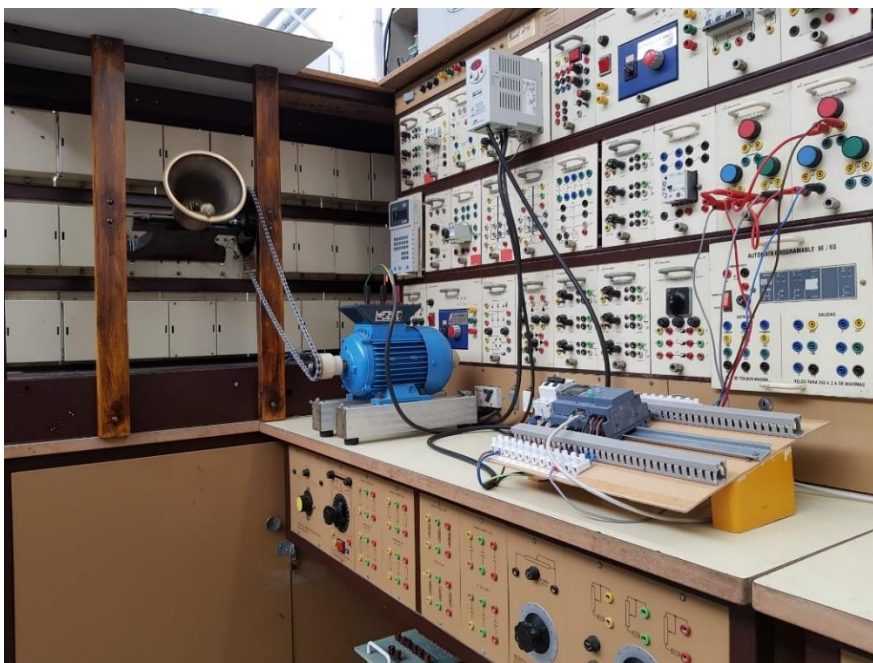


Figura 24. Tot el conjunt d'accessoris instal·lat, cablejat i connectats amb la campana Santa Maria en moviment de volteig en sentit antihorari (REV).

14. ASPECTES MUSICALS DE LA CAMPANA SANTA MARIA: RÍTMICS I TAULES DEL SO FONAMENTAL I ELS SEUS PARCIAIS O HARMÒNICS, SEGONS EL SOFTWARE PER A CAMPANES (WAVANAL)

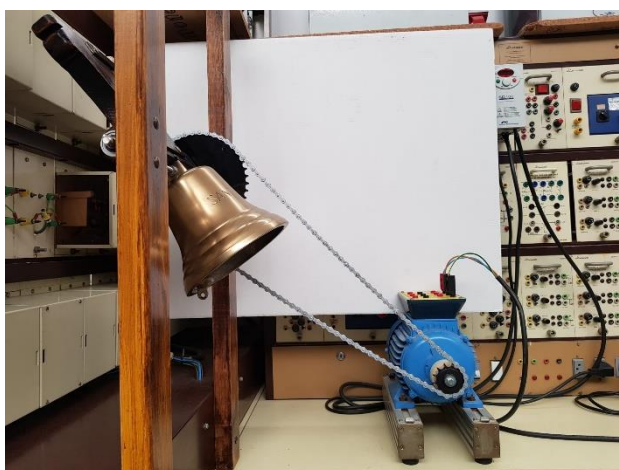


Figura 25. Instant en què apareix la caiguda del batall sobre el batedor en sentit de gir antihorari (pujada), amb la qual cosa el colp fort del batall tindrà lloc en el moviment rotatori descendent (baixada) de la copa de la campana, i dins del buit del darrere de l'estructura del panell modular número 5.

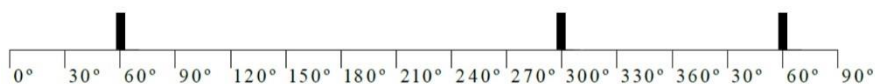


Figura 26. Línia rítmica del colp del batall en la seqüència de volteig amb gir continu. En qualsevol sentit de gir en el moviment de volteig continu (horari o antihorari), el batall cau per gravetat sobre la galta inferior del batedor quan l'eix longitudinal de la campana passa per uns graus de circumferència concrets (60° i 300°), originat amb això un ritme semblant al del compàs 3/4 (un silenci i dos colps) en cada volta. Tanmateix, en el moviment de mig vol per a difunts (balanceig), i, encara que els graus d'impacte són els mateixos (60° i -60°), el ritme canvia i es converteix en un compàs binari de 2/4.

Transforms and partials selection

Update list of partials
Back to main screen

File: Santa María

Partial search sensitivity: Low High

Cursor control and scaling
 Cursor Freq. (Hz)

 Amplitude

Freq.	Cents	Partial	Note
209	-2347.4	hum	Ab(0) +11
288.5	-1789.3		D(1) -30
367	-1372.7		F#(1) -14
395	-1245.4	prime	G(1) +13
420	-1139.1		Ab(1) +19
504.5	-821.8	terce	B(1) +36
561.5	-636.4	quint	Db(2) +22
629	-439.9		Eb(2) +18
744	-149.2		F#(2) +9
811	0	nominal	Ab(2) -41
884	149.2		A(2) +7
968.5	307.2		B(2) -34
1074.5	487		C(3) +45
1128.5	571.9		Db(3) +30
1195.5	671.8	superquint	D(3) +30
1354	887.3		E(3) +45
1412	959.9		F(3) +18
1510	1076.1		F#(3) +34
1605	1181.7	oct. nom.	G(3) +40
1692.5	1273.6		Ab(3) +32
1775.5	1356.5		A(3) +15
1825.5	1404.6		Bb(3) -36
2259	1773.4		Db(4) +32
2360.5	1849.5		D(4) +8
2945.5	2232.8		F#(4) -8

Control nominal selection
 Restrict range of nominal search
 Low Nominal High Nominal

Note names
A=440.0Hz

Edit Partial

Nominal Frequency (Hz)

Note

Freq. (Hz)	Splash Amp.	Tail Amp	Attack	Decay	Cents	Partial	Note
209	0	0.03872641E	0	0	-2347.4	hum	Ab(0) +11
288.5	0	0.089302031	0	0	-1789.3		D(1) -30
367	0	0.06176134E	0	0	-1372.7		F#(1) -14
395	0	0.42748014C	0	0	-1245.4	prime	G(1) +13
420	0	0.06687645E	0	0	-1139.1		Ab(1) +19
504.5	0	0.05667613E	0	0	-821.8	terce	B(1) +36
561.5	0	0.10315045E	0	0	-636.4	quint	Db(2) +22
629	0	0.100891994	0	0	-439.9		Eb(2) +18
744	0	0.080187637	0	0	-149.2		F#(2) +9
811	0	0.06609568E	0	0	0	nominal	Ab(2) -41
884	0	0.05965850E	0	0	149.2		A(2) +7
968.5	0	0.10797916E	0	0	307.2		B(2) -34
1074.5	0	0.037233754	0	0	487		C(3) +45
1128.5	0	0.05781265E	0	0	571.9		Db(3) +30
1195.5	0	0.089564324	0	0	671.8	superquint	D(3) +30
1354	0	0.031741141	0	0	887.3		E(3) +45
1412	0	0.029265222	0	0	959.9		F(3) +18
1510	0	0.02958580E	0	0	1076.1		F#(3) +34
1605	0	0.050845327	0	0	1181.7	oct. nom.	G(3) +40
1692.5	0	0.04018411C	0	0	1273.6		Ab(3) +32
1775.5	0	0.040395437	0	0	1356.5		A(3) +15
1825.5	0	0.03425269E	0	0	1404.6		Bb(3) -36
2259	0	0.02959216E	0	0	1773.4		Db(4) +32
2360.5	0	0.03311780E	0	0	1849.5		D(4) +8
2945.5	0	0.03081197E	0	0	2232.8		F#(4) -8
Noise	0	0	0	0			

A=440.0Hz

A les taules anteriors, es poden observar les notes amb les seues respectives freqüències de la campana Santa Maria del nostre IES. L'enregistrament, amb un format d'àudio WAV, s'ha fet només amb un colp sec de batall, amb la campana parada en la vertical i sense cap moviment, és a dir, només estirant el batall fins que va aparèixer el so. En aquest punt hem de dir que, en una campana de perfil tradicional valencià les notes més importants són: Fonamental (*Prime*), Tercera “quasi sempre menor” (*Tierce*), Quinta (*Quint*), Octava alta (*Nominal*) i Octava Baixa (*Hum*). En aquesta campana el so més pur és el *Nominal*, amb una nota *Lab(2)* i una freqüència d'afinació de 811Hz , tot açò amb la referència del so *La(1)* que té una freqüència d'afinació de 440Hz (*La del diapasó*)⁶.

Ja per a acabar, voldríem agrair la gentilesa del Dr. Francesc Llop i Bayo, erudit en el món de les campanes i campaner de la Catedral de València, per donar-nos l'oportunitat de poder compartir aquest xicotet projecte a través de la pàgina web oficial dels campaners de la Catedral de València. Gràcies Francesc!!

Alumnes de la promoció 2018-2020 que han participat en aquest projecte:

- Luis Aparici Ortega.
- Ian Cabra Bonilla.
- Joseph Oliver Empeureur Moukoul li.
- Tomás Cajete Casillas.
- Luis Adrián López Salón.
- Eric Mahedero Úbeda.
- José Ignacio Marco Araque.
- Claudio Andrés Montero Justiniano.
- José Manuel Moya Alfonso.
- Daniel Pérez Sancho.
- Alejandro Poveda Calderer.
- Hugo Mario Rivera Paredes.
- Diego Ros Montes.
- Vicente Sáez Sánchez.

Professor: Juan Bautista Tormos Capilla.



Figura 27. El professor Tormos amb un grup d'alumnes del títol de Tècnics en Instal·lacions Elèctriques i Automàtiques de la promoció 2018-2020 el passat dimecres 10 de juny de 2020.

15. ENLLAÇ PER A VEURE ELS VÍDEOS DELS PRIMERS ASSAJOS DE LA CAMPANA SANTA MARIA: VOLTEIG GENERAL, VOLTEIG SOLEMNE I MIG VOL DE DIFUNTS

A la pàgina oficial dels campaners de la Catedral de València s'han pujat els tres vídeos corresponents als primers assajos dels moviments de la campana abans esmentats: volteig general amb inversor del sentit de gir⁷, volteig solemne des de la copa de la campana amunt i mig vol per a difunts.

Accés des de la web: <http://campaners.com/>

⁶ Font [en línia] [consulta: 06-03-20] disponible en <http://www.hibberts.co.uk/wavanal.htm>

⁷ La inversió del sentit de gir en el volteig amb gir continu com en la seqüència 1 (vídeo) es fa per evitar que el segon colp del batall, el més fort coincidint amb la baixada de la copa de la campana, canvie de galta en el batedor i amb això el bronze de la campana no patisca esforç mecànic sempre en el mateix punt.