

MEMORIA FINAL DE RESULTADOS



PROXECTO SDIP: Sistema de Diagnóstico Integral Portable

ÍNDICE.

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	AMBITO TERRITORIAL E DESTINATARIOS.....	4
3.	ENTIDADES PARTICIPANTES E COMPLEMENTARIEDADE.	5
4.	PROBLEMÁTICA EXISTENTE.....	7
5.	OBXECTIVOS	9
5.1.	Obxectivo xeral.	9
5.2.	Obxectivo específico 1.	9
5.3.	Obxectivo específico 2.	9
6.	RESULTADOS PARA OS USUARIOS FINAIS.....	9
6.1.	Resultados do obxectivo específico 1.....	9
6.2.	Resultados do obxectivo específico 2.....	9
6.3.	Outros resultados.	9
7.	CRONOGRAMA DO PROXECTO	10
8.	ENTIDADES PARTICIPANTES POR ACCIÓN.....	11
9.	DESCRIPCIÓN DE ACCIÓNS E METODOLOXÍA.....	12
9.1.	Coordinación.....	12
9.1.1.	Coordinación do proxecto piloto.	12
9.1.2.	Reunións de seguimento e coordinación.....	12
9.2.	Fase 1: Desenvolvemento conceptual da ferramenta de diagnóstico	13
9.2.1.	Introdución.....	13
9.2.2.	Reunións dos equipos de traballo.....	13
9.2.3.	Requirimentos previos para o desenvolvemento conceptual da ferramenta ..	13
9.2.4.	Modelo conceptual da ferramenta	15
9.2.5.	Sensores avaliados e táboa de costes.....	18
9.2.6.	Conclusións Fase 1	19
9.3.	Fase 2: Desenvolvemento técnico da ferramenta de diagnóstico portable.....	21
9.3.1.	Introdución.....	21
9.3.2.	Reunións dos equipos de traballo.....	21
9.3.3.	Revisión de sensores avaliados e táboa de custos. Erro Marcador non definido.	
9.3.4.	Selección final, adquisición dos sensores e construción da ferramenta	21
9.3.5.	Implementación práctica e validación da ferramenta	34
9.3.6.	Conclusións	37
9.4.	Fase 3: Desenvolvemento técnico da BBDD de referencia.....	38
9.4.1.	Introdución.....	38
9.4.2.	Toma de datos de fontes existentes	38
9.4.3.	Toma de datos a través da ferramenta de validación	39

9.4.4.	Análise de datos, cálculos e matrices de traballo	40
9.4.5.	Conclusións	46
9.5.	Fase 4: Desenvolvemento técnico do software de xestión de datos	47
9.6.	Fase 5: Divulgación do proxecto	50
9.6.1.	Apartado do proxecto na web de UU.AA.....	50
9.6.2.	Folleto e cartel do proxecto e das súas actividades.....	51
9.6.3.	Nota de prensa.....	52
9.6.4.	Xornadas formativas.	Erro Marcador non definido.
9.6.5.	Informe de resultados a RRN e a Rede EIP-AGRI.	53
10.	RESULTADOS ACADADOS	53
11.	BENEFICIOS APORTADOS AO MEDIO RURAL.	53

1. INTRODUCCIÓN

O proxecto Sistema de Diagnóstico Integral Portable é un proxecto dun grupo operativo da AEI que solicitou Unión Leiteira Galega (ULEGA) ó abeiro da Resolución do 30 de decembro de 2021 (código de procedemento MR331B) (DOG Núm. 18, do 27 de xaneiro de 2022).

O proxecto responde á problemática para a sensorización fixa das explotacións gandeiras de leite. Aínda que existen tecnoloxías para medir os factores que determinan os valores de saúde-benestar animal, calidade ambiental e racionalización de insumos (auga e electricidade), a implantación permanente das mesmas aínda é moi custosa e complicada para a maior parte das explotacións gandeiras en Galicia.

A solución a este problema reside no desenvolvemento dun sistema portable de monitorización integral da explotación, que reduza os custos de implantación e a complexidade do mesmo. O sistema portable é unha ferramenta de testeo e diagnóstico da situación integral da explotación, que permite unha instalación e toma de datos sinxela, baseada en tecnoloxías sen fíos (wireless). Isto permite que a ferramenta poda ser usada en multitude de explotacións cun custo reducido e permite o diagnóstico integral da explotación, xunto coa xeración dun informe de resultados e recomendacións.

2. AMBITO TERRITORIAL E DESTINATARIOS

Todas as accións desenvoltas no marco do proxecto Sistema de Diagnóstico Integral Portable foron levadas a cabo na Comunidade Autónoma Galega.

Os principais destinatarios do proxecto son os gandeiros de vacún de leite da comunidade, dado que o sistema de monitorización e diagnóstico portátil que se desenvolveu está deseñado e especializado neste tipo de produción gandeira. Cabe destacar que o sistema desenvolvido conta con sensores e módulos de procesamento de datos que poden resultar útiles para gandeiros doutros tipos de explotación, como a avícola, porcino ou cunícola, entre outras, posto que en todas elas pode ser interesante a medida e avaliación de consumos de auga e enerxía eléctrica e a monitorización da calidade do aire na granxa, que inflúe directamente no benestar animal.

Ademais dos gandeiros, tamén as asociacións agrogandeiras son beneficiarias deste proxecto piloto. Estas entidades poden ofrecer esta ferramenta aos seus asociados para que poidan facer uso dela.

3. ENTIDADES PARTICIPANTES E COMPLEMENTARIEDADE.

 Solicitante	ULEGA é a única organización de produtores de leite (OPL) que hai en Galicia e a primeira OPL recoñecida en toda España en 2012. É unha OPL non comercializadora, que negocia os prezos do leite sen transferencia da súa propiedade. Conta con máis de 1.900 membros, sendo a OPL do conxunto do Estado con maior número de membros. Traballa para a negociación dos contratos e participa directamente en multitude de proxectos relacionados coa innovación e o desenvolvemento do sector lácteo. Entre outros, ten experiencia en divulgación de resultados en proxectos de fomento da actividade gandeira, en proxectos de fomento da competitividade e eficiencia da explotacións e en proxectos de adaptación do sector ao cambio climático.
 Beneficiario 1	O Instituto Centro Tecnolóxico de Galicia, ten como obxectivo mellorar a capacidade competitiva das empresas a través da I+D+i e a tecnoloxía. Prové solucións baseadas nas TICs e enerxía ao sector agroalimentario. Membro de CLUSAGA, CLUERGAL, VIRATEC, ATIGA, FEDIT e SS4AFood, conta cos Colexios de Enxeñeiros Agrónomos e Industriais e CMR no padroado entre outros. O ITG ten competencias na aplicación das TIC's a diferentes sectores, incluído o agroalimentario, para a optimización enerxética e promoción das enerxías renovables. Catalogado polo CDTI como Centro de Excelencia Cervera na prioridade de Transición Enerxética conta cun equipo multidisciplinar, máis de 60 profesionais, a maioría enxeñeiros industriais, informáticos e de telecomunicacións. O ITG leva máis de 20 anos prestando servizos de asesoramento enerxético (+400 estudos enerxéticos) e desenvolvendo ferramentas TIC para a optimización enerxética. Tamén participou en proxectos europeos nos que se desenvolveron ferramentas web para a avaliación de oportunidades para a mellora enerxética. Proxectos INTERREG AGERAR, AQUALITRANS, ENTIC, GE2Cs, etc.

 Beneficiario 2	Consultoría veterinaria especializada no control e mellora da calidade hixiénica e sanitaria do leite. Conta con persoal veterinario con ampla experiencia en estudos e proxectos de saúde animal e innovación. Tamén son expertos en proxectos de mellora do benestar animal. PS VET conta con amplo historial de desenvolvemento de proxectos de I+D+i, en particular en novas tecnoloxías para as explotacións tales como seguimento dos tanques de leite, transmisión de datos, sensorización, etc.
 Beneficiario 3	A Asociación Profesional Gandeiros de Lugo ten entre os seus fins a defensa e promoción da asociación en todos os ámbitos así como estudo e resolución dos problemas comúns dos gandeiros da provincia entre os cales se atopa o gasto enerxético e a loita contra o cambio climático. A Asociación conta con persoal especializado no sector que presta servizos de asesoramento e xestión dos seus asociados en todos os eidos, incluídos o enerxético. Ademais a súa presenza física en varias oficinas ao longo da provincia permiten ter un coñecemento de primeira man da problemática enerxética das explotacións gandeiras. Gandeiros de Lugo formou parte de varios proxectos e propostas para solucionar os problemas dos gandeiros da provincia. Entre eses proxectos atópase o Grupo Operativo "Cambios de alimentación do gando para reducir as emisións de CH₄ e aumentar a produtividade de leite" contribuíndo así a loitar contra o cambio climático.
 Beneficiario 4	FEGAMA é unha federación medioambiental sen ánimo de lucro e independente, formada por profesionais do medio rural que traballan para contribuír ó desenvolvemento sostible. Agrupa asociacións ambientais repartidas polo rural galego. FEGAMA vén participando de forma activa en multitude de proxectos, nacionais e autonómicos, relacionados coa implementación de novas tecnoloxías e prácticas no medio rural, para a modernización do sector primario e contribuír á sustentabilidade do medio rural e das súas actividades.

A complementariedade das entidades que conforman o proxecto SDIP, basease na experiencia das entidades, así coma do seu persoal.

Tanto o solicitante como os beneficiarios contan, no seu conxunto, cun equipo multidisciplinar cun coñecemento avanzado do sector e das tecnoloxías de sensorización e TIC abordadas, así como no desenvolvemento de actividades similares ás propostas no proxecto.

ULEGA e Gandeiros de Lugo destacan polo seu sólido coñecemento do sector gandeiro derivado da súa actividade principal de promoción e realización de actividades para mellorar a situación das explotacións agrarias e gandeiras galegas. A súa participación permitiu a colaboración directa co sector mantendo unha retroalimentación constante que posibilitou a introdución de melloras na ferramenta.

Ademais, PS VET é especialista en control e mellora hixiénica e sanitaria das explotacións, así como en benestar animal. Conta tamén con experiencia en sensorización de explotacións gandeiras. Toda esta experiencia foi moi importante á hora de deseñar o sistema de monitorización, así como, para desenvolver o sistema de diagnóstico e aconsellamento.

Por último, o ITG é un centro tecnolóxico nacional coñecido polas súas notables competencias na aplicación das TIC a diferentes sectores. A súa experiencia na optimización enerxética, sensorización e eficiencia en procesos foi unha aportación fundamental para acadar os obxectivos do proxecto.

4. PROBLEMÁTICA EXISTENTE

A maioría das explotacións gandeiras galegas, aínda que contan cun grao medio-alto de mecanización nos procesos de alimentación, muxidura e limpeza, presentan unha carencia significativa en sistemas de reporte de datos globais sobre o seu funcionamento. Esta falta de información dificulta a adopción de medidas de racionalización no uso de insumos, algúns deles cun baixo valor monetario pero cun alto valor ambiental, como o uso da auga, que se trata frecuentemente como un recurso ilimitado. No caso da enerxía eléctrica, ademais do impacto ambiental da súa xeración, súmase o elevado custo para a explotación. Como consecuencia, moitas destas explotacións non xestionan os seus recursos de forma eficiente, o que leva a un malgasto de insumos e enerxía.

Na actualidade, existen tecnoloxías que permiten medir a gran maioría de factores e variables que inflúen na saúde e benestar animal, na calidade ambiental, na produtividade, na eficiencia enerxética e na racionalización de insumos nas explotacións gandeiras. Non obstante, a implantación permanente destas tecnoloxías é complexa e supón un custo elevado para a maioría das explotacións galegas, xa que require da adquisición dos distintos sensores e equipos de procesamento e envío de datos, así como, do seu mantemento periódico.

Sen embargo, a implementación de tecnoloxías TIC para a mellora global das explotacións non precisa necesariamente dunha monitorización permanente. Pola contra, é posible optar por un sistema móbil que permita a instalación e desinstalación sinxela dos sensores, abarcando así toda a explotación.

A solución a este problema radica no desenvolvemento dun sistema portátil de monitorización integral, que reduza tanto os custos de implantación como a súa complexidade, o cal foi o principal obxectivo do presente proxecto.

Este sistema consiste nunha ferramenta portátil de test e diagnóstico da situación global da explotación, que permite unha calibración e recollida de datos de forma sinxela mediante tecnoloxía sen fíos. O sistema recolle datos durante un período variable de análise e expórtaos. O sistema conta cunha base de datos con parámetros de referencia integrados que permitirá aos técnicos analizar a información e mellorar o comportamento global da explotación, comparándoo cunha matriz de comportamento óptimo en termos ambientais, de insumos e de benestar animal.

Este sistema combina hardware e software. Por unha banda, o sistema portátil de sensorización, e por outra, o software de xestión e análise dos datos obtidos. Elaborouse ademais un manual de usuario detallando as características da ferramenta e o seu modo de uso.

Esta solución permite que a ferramenta sexa empregada de xeito continuado en multitude de explotacións a un custo reducido, posibilitando un diagnóstico integral da explotación acompañado dun informe de resultados e recomendacións.

Inicialmente, este sistema de monitorización está enfocado ao sector gandeiro de leite, e a matriz de datos de referencia elaborouse en base a este sector. Sen embargo, o sistema de hardware está adaptado para todo tipo de ganderías, polo que, modificando os parámetros medidos, poderá empregarse en calquera tipo de explotación gandeira.

En definitiva, co desenvolvemento desta ferramenta, é posible alcanzar a modernización e mellora integral das explotacións gandeiras galegas.

5. OBXECTIVOS

5.1. Obxectivo xeral

O obxectivo xeral de SDIP era modernizar o sector gandeiro galego a través do desenvolvemento dunha ferramenta de monitorización e sensorización portátil que permita a un gran número de explotacións aumentar a súa eficiencia na utilización de insumos e reducir a súa pegada de carbono.

Para a consecución deste obxectivo xeral planeáronse os seguintes obxectivos específicos:

5.2. Obxectivo específico 1

Desenvolver un sistema portátil de monitorización e diagnóstico integral de explotacións gandeiras.

5.3. Obxectivo específico 2

Mellorar a eficiencia das explotacións gandeiras, reducir o desperdicio na utilización de recursos, e fomentar medidas que diminúan a pegada de carbono xerada nas mesmas.

6. RESULTADOS PARA OS USUARIOS FINAIS

6.1. Resultados do obxectivo específico 1

Obter unha ferramenta hardware de monitorización portátil e unha aplicación software de xestión e análise de resultados.

6.2. Resultados do obxectivo específico 2

Mellora da eficiencia das explotacións gandeiras gracias ao uso da ferramenta de monitorización portátil.

6.3. Outros resultados

Redución da pegada de carbono xerada nas explotacións.

7. CRONOGRAMA DO PROXECTO

	2022									2023												2024								
	abr	mai	xuñ	xul	ago	set	out	nov	dec	xan	feb	mar	abr	mai	xuñ	xul	ago	set	out	nov	dec	xan	feb	mar	abr	mai	xuñ	xul	ago	set
FASE 0: SEGUEMENTO E CONTROL DO PROXECTO																														
FASE 1: DESENVOLVEMENTO CONCEPTUAL DA FERRAMENTA DE DIAGNÓSTICO																														
FASE 2: DESENVOLVEMENTO TÉCNICO DA FERRAMENTA DE DIAGNÓSTICO PORTABLE																														
2.1 CONSTRUCCIÓN																														
2.2 IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA																														
2.3 VALIDACIÓN DA FERRAMENTA																														
FASE 3: DESENVOLVEMENTO TÉCNICO BBDD DE REFERENCIA																														
3.1 TOMA DE DATOS DE FONTES EXISTENTES																														
3.2 TOMA DE DATOS A TRAVÉS DA FERRAMENTA DE VALIDACIÓN																														
3.3 ANÁLISE DE DATOS, CREACIÓN DE MATRICES DE TRABALLO																														
FASE 4: DESENVOLVEMENTO TÉCNICO DO SOFTWARE DE XESTIÓN DE DATOS...																														
4.1 DESENVOLVEMENTO DE SOFTWARE																														
4.2 APLICACIÓN PRÁCTICA EN 10 EXPLOTACIÓNS (EN FUNCIÓN DO TEMPO MEDIO NECESARIO)																														
FASE 5: DIVULGACIÓN DO PROXECTO																														
5.1 XORNADAS EXPLICATIVAS																														
5.2 TALLERES PRÁCTICOS DE USO DA FERRAMENTA PORTABLE																														
5.3 FOLLETOS E TRÍPTICOS																														
5.4 DIFUSIÓN WEB																														
5.4 FOLLETO DA FERRAMENTA																														



8. ENTIDADES PARTICIPANTES POR ACCIÓN.

	ULEGA	GANDEIROS DE LUGO	FEGAMA	ITG	PS VET
FASE 0: SEGUIMIENTO E CONTROL DO PROXECTO	✓	✓	✓	✓	✓
FASE 1: DESENVOLVEMENTO CONCEPTUAL DA FERRAMENTA DE DIAGNÓSTICO	✓	✓	✓	✓	✓
FASE 2: DESENVOLVEMENTO TÉCNICO DA FERRAMENTA DE DIAGNÓSTICO PORTABLE	✓			✓	✓
FASE 3: DESENVOLVEMENTO TÉCNICO BBDD DE REFERENCIA	✓		✓	✓	✓
FASE 4 DESENVOLVEMENTO TÉCNICO DO SOFTWARE DE XESTIÓN DE DATOS OBTIDOS COMPARATIVO CON BBDD DE REFERENCIA E XERADOR DE INFORME DE DIAGNÓSTICO E RECOMENDACIÓNS	✓	✓		✓	✓
FASE 5: DIVULGACIÓN DO PROXECTO	✓	✓	✓		

9. DESCRIPCIÓN DE ACCIÓNS E METODOLOXÍA.

9.1. Fase 0: Seguemento e control do proxecto

9.1.1. Coordinación do proxecto

ULEGA foi nomeado como o coordinador do proxecto SDIP. Unha das súas funcións como coordinador, foi servir como interlocutor único entre a AGACAL (Axencia Galega de Calidade Alimentaria)- Xunta de Galicia e todas as partes interesadas involucradas no proxecto.

A tarefa de coordinación non só implicou a comunicación efectiva, senón tamén a supervisión e xestión de todos os aspectos do proxecto. ULEGA liderou o esforzo na planificación, organización e coordinación de cada actividade do proxecto, garantindo un desenvolvemento sinxelo e eficiente. Isto incluíu a xestión dos cronogramas, a asignación de recursos e a supervisión do progreso xeral.

Ademais de xestionar os aspectos operativos, ULEGA tamén asumiu a responsabilidade de preparar as xustificacións necesarias da convocatoria. Iso incluíu a recompilación e presentación de datos e información relevante sobre o proxecto, así como a garantía de que todas as áreas de xustificación se abordaran de maneira completa e precisa.

9.1.2. Reunións de seguimento e coordinación.

Ao longo do proxecto SDIP, as reunións de seguimento e coordinación xogaron un papel esencial para garantir o seu desenvolvemento con éxito. Estas reunións foron unha ferramenta fundamental para manter a colaboración activa e coordinada entre todas as partes interesadas e asegurar que o proxecto avanzase de acordo co cronograma establecido.

As reunións foron levadas a cabo tanto de forma presencial como virtual e telefónica, adaptándose ás necesidades de cada situación. Durante estas reunións, cada parte interesada puido compartir os seus avances, logros e desafíos, permitindo un seguimento exhaustivo do estado do proxecto.

Un dos obxectivos principais destas reunións foi manter unha vixilancia constante do cronograma proposto, asegurando que se cumprisen as datas clave e os prazos de entrega. Isto permitiu a identificación temperá da necesidade de accións correctivas en caso de desviacións ou riscos potenciais.

Este enfoque proactivo asegurou que se mantivera unha execución eficiente e sen problemas.

Un aspecto crucial destas reunións de seguimento e coordinación foi a participación de todas as partes implicadas. A colaboración activa e o intercambio de información entre as entidades involucradas foron fundamentais para o éxito global do proxecto. Permitiron a identificación de

sinerxías e a resolución de cuestións de maneira colaborativa, reforzando a cohesión do equipo de traballo.

9.2. Fase 1: Desenvolvemento conceptual da ferramenta de diagnóstico

9.2.1. Introducción

Unha das primeiras actividades do proxecto SDIP foi a Fase de Desenvolvemento Conceptual da Ferramenta de Diagnóstico.

O desenvolvemento conceptual da ferramenta de diagnóstico comprendeu a fase de traballo na que, mediante a posta en común de ideas por cada unha das entidades integrantes do proxecto, establecéronse os parámetros necesarios que a ferramenta debe monitorizar, o sistema de manexo ideal de cara a súa instalación e recollida de datos, e as necesidades que a ferramenta debe cubrir nas explotacións gandeiras para ofrecer información de calidade e útil dun xeito práctico.

9.2.2. Reunións dos equipos de traballo

Na execución desta actividade foi de gran relevancia unha serie de reunións presenciais e telemáticas entre os distintos equipos de traballo do proxecto. Dentro das mesmas, foron imprescindibles as que contaron coa presenza de ITG e PSVET, polos seus coñecementos técnicos sobre tecnoloxías de sensores e monitorización en explotacións gandeiras.

PSVET leva anos traballando en sistemas de sensorización fixa para o análise dos distintos parámetros relacionados coa produción de leite. Por outra banda, ITG, como centro tecnolóxico, conta cos coñecementos necesarios en tecnoloxías de sensorización para o desenvolvemento da ferramenta de diagnóstico.

9.2.3. Requisitos previos para o desenvolvemento conceptual da ferramenta

As premisas técnicas de desenvolvemento que se estableceron ao inicio desta fase foron as seguintes:

- a. ULEGA foi a encargada de facer fronte aos gastos de compra de sensores e materiais necesarios para a construción do sistema de monitorización portátil.
- b. O sistema debe ser práctico, de instalación sinxela, e que permita facer análises de variables durante cortos períodos de tempo.



- c. Destácase a dificultade que pode supor a sensorización de certos parámetros coma a auga (que pode requirir de métodos invasivos), o consumo eléctrico ou a turbidez.
- d. Transmisión dos datos de sensorización: Sempre que sexa posible, débese procurar que o sistema de sensorización envíe os datos en tempo real.
- e. Para que o sistema de monitorización sexa considerado ideal ten que cumprir as seguintes premisas:
 - i. Portátil
 - ii. Fácil instalación para a toma de datos
 - iii. Fácil configuración
 - iv. Autonomía
 - v. Minimamente invasivo, dentro do posíbel dependendo da variable a medir
- f. Segundo os aportes de PSVET, para unha sensorización completa, as variables a analizar deberían ser idealmente as seguintes (entre paréntese outras variables relevantes que poden ter correlación coas variables medidas):
 - i. No tanque de leite:
 - 1. Volume (volume de auga consumido)
 - 2. Consumo eléctrico (bacterioloxía)
 - 3. Temperatura (bacterioloxía e punto crioscópico)
 - ii. No ambiente:
 - 1. Humidade (bacterioloxía, RCS¹, graxa)
 - 2. Temperatura (bacterioloxía, RCS, graxa)
 - 3. Ruído (bacterioloxía, RCS, graxa)
 - 4. Po (bacterioloxía, RCS, graxa)
 - 5. Gases (bacterioloxía, RCS, graxa)
 - iii. Na auga:
 - 1. Temperatura (Produción)
 - 2. pH (Produción)
 - 3. Turbidez (Produción)
 - 4. Volume (Graxa, Produción, Proteína)
 - iv. Muxidura:

¹ Reconto de Células Somáticas, medida empregada habitualmente para avaliar o estado de saúde da glándula mamaria. Teñen como función fagocitar microorganismos e interveñen na reparación do tecido secretor cando este sofre algún dano. Valores máis baixos de RCS indican mellor saúde, maiores porcentaxes de proteína e graxa e máis calidade e estabilidade dos produtos lácteos.

1. Consumo eléctrico (Sen correlación)
 2. Consumo de auga (Sen correlación)
- g. Para adecuar o sistema de monitorización ao orzamento dispoñible no proxecto, PSVET, en colaboración con ULEGA, encargouse de realizar unha relación dos modelos de sensores dispoñibles no mercado para medir estas variables.
- h. Coa relación de modelos, ITG elaboraría a continuación a táboa de costes dos sensores.

9.2.4. Modelo conceptual da ferramenta

Defínese, tras o análise das reunións e estudos establecidos nesta fase o **modelo conceptual** da ferramenta de diagnóstico do seguinte xeito:

- a. Medida de consumo eléctrico en diferentes puntos, así como medidas en instalacións monofásicas e trifásicas ata 25A. Considérase que con esta flexibilidade o sensor de consumo eléctrico permitirá a medida nas distintas redes de subministro existentes nunha explotación gandeira ó uso.
- b. Proponse un sensor ultrasónico non invasivo para a medida de consumo de auga e a determinación da pegada hídrica da explotación gandeira. Este tipo de sensor, en deseño con abrazadeira, permite a súa fácil instalación en distintas conducións de auga de distintos materiais (ex. PVC e outros plásticos, aceiro inoxidable...). Consta habitualmente de 2 transdutores ultrasónicos que se axustan ás paredes externas da tubaxe cunha certa separación e conectados a un convertedor de sinal. Os pulsos ultrasónicos viaxan dende o sensor que se atopa augas arriba ata o que se sitúa augas abaixo e regresan. O sinal ultrasónico que se despraza no mesmo sentido que o fluído acelérase, mentres que o que rebota e volve ao sensor augas arriba, desacelérase. A diferenza entre os tempos de tránsito de ambos pulsos ultrasónicos permite calcular o caudal.
- c. Tanque:
 - a. Proponse a medida de temperatura cunha sonda de inmersión (invasiva) RTD (detector de temperatura por resistencia) de tipo alimentario. Este tipo de sonda permite unha elevada fiabilidade da medida e un baixo tempo de resposta.

- b. A medida de volume do tanque farase cun sensor non invasivo baseado en radar ou tecnoloxía similar, que permite a detección da superficie do líquido. Con esta información, o sistema pode calcular o volume de fluído no tanque.
- d. Monitorización ambiental:
 - a. Os valores útiles e prioritarios de gases a medir son metano ou alternativamente compostos orgánicos volátiles (COV), CO₂ e radon. Ademais, serán de interese outros parámetros ambientais como temperatura e humidade relativa, e, en menor medida, luz e ruído. Os COV son emitidos por distintas fontes nas explotacións gandeiras² tales como as operacións de ensilado, os puríns ou a propia respiración do gando³. Por outro lado, o radon é un gas nobre incoloro, inodoro e insípido de orixe natural. O radon xérase pola desintegración do uranio presente nas rochas e no chan. Polo tipo de chan de moitas zonas galegas, rico en uranio, existe unha probabilidade alta de emanación de radon⁴ e, se se dan as condicións axeitadas, pode alcanzar concentracións elevadas en diferentes edificios localizados en Galicia, incluíndo explotacións gandeiras. A exposición a este gas, en particular por inhalación e en estancias con elevadas concentracións, incrementa o risco de cancro⁵. Por outra banda, parámetros como temperatura e humidade relativa inflúen significativamente na confortabilidade de persoas e gando. Neste sentido é importante evitar o estrés por calor no gando⁶, con efectos negativos sobre o consumo de alimento, o peso, a produción de leite e a eficiencia reprodutiva, entre outros.
 - e. Calidade da auga:
 - a. Atopouse que na actualidade non é factible medir os parámetros de calidade de auga empregando exclusivamente sensores non invasivos.
 - b. Existen sensores robustos, fiables e portátiles para medir temperatura e pH. No caso do pH, a súa medida é electroquímica e require de aplicar compensación por temperatura, polo que os sensores habitualmente inclúen ambas magnitudes. A determinación consiste en medir o potencial que se desenvolve a través dunha membrana que separa dúas solucións de diferente

² Tanaka et al., 2019. Asian Journal of Atmospheric Environment, 13(3), 171-185.

³ Sintermann et al., 2014. Biogeosciences 11, 5073-5085.

⁴ <https://www.sergas.es/Saude-publica/Radon?idioma=ga>

⁵ A review of human carcinogens. Part D: Radiation. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 2009, Lyon, France.

⁶ Correa-Calderón et al., 2022. Rev. mex. de cienc. pecuarias 13(2). Epub 20-Jun-2022.

concentración de protóns, unha delas a solución de referencia e a outra a que se vai a medir.

Nalgúns casos os sensores de pH, inclúen outras magnitudes adicionais como potencial Redox⁷ cuxa medida tamén se basea en electroquímica. O potencial Redox é a medida da tendencia dunha especie química, neste caso a auga, a adquirir electróns ou a perder electróns e, polo tanto, a ser reducida ou oxidada, respectivamente. Os potenciais de Redox defínense en relación a un eléctrodo de referencia e son determinados medindo a diferenza de potencial entre un eléctrodo sensor inerte en contacto coa solución e un eléctrodo de referencia estable conectado coa solución por unha ponte salina.

- c. A condutividade eléctrica da una medida da concentración de especies iónicas (habitualmente ións inorgánicos procedentes de sales) presentes na auga. A súa determinación é tamén electroquímica, neste caso medindo a resistencia eléctrica que exerce a disolución entre dous eléctrodos separados unha distancia coñecida.
- d. Existen sensores portátiles robustos para a medida de turbidez, habitualmente baseados en técnicas ópticas como nefelometría (dispersión de luz), absorción de luz ou luz retrodispersada, entre as cales se soe elixir dependendo da turbidez e concentración de sólidos suspendidos que se espera na corrente de auga a medir.
- f. Revisáronse prezos e características dalgúns estacións meteorolóxicas portátiles que poderían ser de potencial utilidade para a ferramenta. Entre elas merece a pena destacar as estacións do fabricante Davis Instruments⁸, cos seus modelos Vantage Pro2 e Vantage Vue. Nos dous casos ofrecen medida de dirección e velocidade do vento, pluviometría, temperaturas e presión atmosférica, entre outras magnitudes. Tamén nos dous casos, é necesario instalar as estacións nun poste metálico.

Proponse un kit composto dun ou varios maletíns portátiles. Debido á variedade de sensores incluídos, que se instalarán en diferentes localizacións da explotación gandeira, así como ás dimensións dos sistemas, vese máis práctico e operativo este tipo de instalación en maletíns.

⁷ VanLoon, Gary W., and Stephen J. Duffy. Environmental chemistry: a global perspective. Oxford university press, 2017. ISBN 978-0-19-922886-7.

⁸ <https://www.estacionesdavis.es/>

9.2.5. Sensores avaliados

Tendo en conta as consideracións anteriores sobre o modelo conceptual da ferramenta, identificáronse e avaliáronse distintos sensores que podían cumprir os requirimentos indicados. A continuación indícanse as distintas opcións de sensores que se identificaron.

- a. Nodo ambiente (medida das condicións ambientais na granxa):
 - a. Opción 1: AirThings Space Plus + Space Hub
O equipo inclúe medida de radon, COV (totais), CO₂, humidade, temperatura, presión e luz.
 - b. Opción 2: Innogando Sensor Ambiental
O equipo mide temperatura, humidade e calcula o índice THI⁹.
 - c. Opción 3: Innogando Sensor CO₂
Mide CO₂, temperatura e humidade e calcula o índice THI.
 - d. Opción 4: ITG mSens, integrando sensores para luz ambiente, humidade, temperatura, CH₄, CO₂, NH₃, CO, H₂S, ruído
Esta opción supón a fabricación dunha PCB onde integrar os sensores, que neste caso serían: Rohm BH1750, Bosch BME280, Sensirion SHT20, Winsen MH-440D, Winsen MH-410D, Winsen ZE03-NH3, Winsen ZE03-CO, Winsen ZE03-H2S, Zio SEN-15892.
- b. Nodo auga (consumo de auga na explotación):
 - a. Opción 1: Medida de caudal de auga: Sensor ultrasónico TUF-2000M TS-2 integrado en mSens
 - b. Opción 2: Medida de caudal de auga, pH, Redox, temperatura, turbidez e condutividade eléctrica. Integraríanse os seguintes sensores nun mSens: Sensor ultrasónico TUF-2000M TS-2, Aqualabo PHEHT, Aqualabo NTU, Aqualabo C4E
- c. Nodo tanque de leite:
 - a. Para medida de consumo eléctrico propónse empregar o analizador de consumo SenNet Portátil, que non require instalación e permite realizar análises de consumo de ata 6 circuítos eléctricos trifásicos (ou 18 monofásicos). Permite medir potencia total e por fase (activa, reactiva e aparente), enerxía total e por fase (activa, reactiva e aparente), tensión por fase, intensidade por fase, factor de potencia por fase e frecuencia.

⁹ Índice de Temperatura-Humidade, empregado para indicar a falta de confort causada polos efectos combinados da temperatura e humidade ambiental. En particular, indica a falta de confort do gando asociado a estes efectos, o cal afecta tamén á produción e eficacia reprodutiva.

- b. Para medida de caudais de auga propónse o mesmo sensor ultrasónico mencionado xa anteriormente no nodo auga (TUF-2000M TS-2 integrado en mSens).
- c. Para a medida do volume no tanque propónse un sensor radar Innogando.
- d. Para medida de temperatura propónse un sensor baseado en resistencia RTD de inmersión Innogando.
- d. Nodo muxidura. Este nodo é similar ó nodo tanque, ó incluír medida de consumo eléctrico e de consumo de auga (puntos a e b do nodo tanque).
 - a. Para medida do consumo eléctrico empregárase o mesmo analizador de consumo SenNet Portátil. Se as fases a medir se concentran nun mesmo cadro eléctrico da explotación gandeira, poderíanse medir os consumos simultaneamente.
 - b. Para medida de caudais de auga propónse o mesmo sensor ultrasónico mencionado xa anteriormente (TUF-2000M TS-2 integrado en mSens).

Con respecto á monitorización ambiental, a opción 4 (equipo *ad hoc* integrado por mSens e diferentes sensores individuais) é a máis versátil pois permite seleccionar exactamente o que se desexa medir pero pola contra tamén é significativamente máis complexa e custosa. De forma análoga, no caso da auga, a opción 2 (medida completa) permite obter unha gran cantidade de información de calidade da auga, fronte á opción 1 que só obtén información de caudais e consumos.

9.2.6. Conclusións Fase 1

- Establecéronse as principais características do modelo conceptual da ferramenta de diagnóstico. O sistema ten que ser portátil, de fácil instalación e configuración, autónomo e minimamente invasivo dentro do posíbel. Definíronse as variables máis relevantes a analizar, entre outras: consumo eléctrico; consumo de auga; medidas de temperatura e volume no tanque; COV, CO₂, radon e outros parámetros no ambiente.
- A ferramenta de diagnóstico estará composta por un ou varios maletíns portátiles.
- Revisáronse os prezos e características de sensores dispoñibles que cumpran cos requirimentos establecidos.
- Avaliouse a selección dos sensores tendo en conta distintas combinacións dos mesmos, con maiores ou menores prestacións e, consecuentemente, prezos. As

opcións cunha monitorización máis completa e personalizada do aire e da auga son as que implican maiores complexidades e custos.

- Cos datos obtidos na presente fase, procédese ó desenvolvemento técnico da ferramenta de diagnóstico portable (fase 2 do proxecto), servindo tamén de base para o desenvolvemento da base de datos de referencia (fase 3) e do software de xestión de datos (fase 4).

9.3. Fase 2: Desenvolvemento técnico da ferramenta de diagnóstico portable

9.3.1. Introducción

O desenvolvemento técnico da ferramenta de diagnóstico é a fase encamiñada á construción física da ferramenta de diagnóstico integral portable das explotacións gandeiras.

Comprende, por unha banda, na súa primeira tarefa (2.1) o análise técnico para o desenvolvemento da ferramenta segundo os requirimentos establecidos na fase anterior, e pola outra, o desenvolvemento técnico da ferramenta en si. Nunha segunda tarefa desta mesma actividade (2.2), púxose en funcionamento o dispositivo de monitorización portátil en diferentes explotacións gandeiras colaboradoras no proxecto, para o posterior testeo do seu correcto funcionamento e da súa utilidade. Finalmente, na terceira tarefa (2.3) realizouse o testeo e validación da utilidade, e do correcto funcionamento da ferramenta portátil de monitorización, nas explotacións gandeiras obxecto de estudo. Asimesmo, con posterioridade ás probas da fase de implementación práctica, avalíouse a calidade dos resultados obtidos na mesma e fixéronse as modificacións precisas

9.3.2. Reunións dos equipos de traballo

Nesta actividade leváronse a cabo unha serie de reunións entre os membros do Grupo Operativo. Dentro das mesmas, foron imprescindibles as que contaron coa presenza de ITG e PSVET.

PSVET leva anos traballando en sistemas de sensorización fixa para o análise dos distintos parámetros relacionados coa produción de leite. Por outra banda, ITG, como centro tecnolóxico, conta cos coñecementos necesarios en tecnoloxías de sensorización para o futuro desenvolvemento da ferramenta de diagnóstico.

9.3.3. Selección final, adquisición dos sensores e construción da ferramenta

Partindo dos resultados e conclusións da Fase 1, realizáronse contactos cos distintos provedores para obter máis información dos sensores e, sobre todo, para coñecer a súa dispoñibilidade.

Detéctase nestes contactos que o sensor de medida de nivel de tanque subministrado por INNOGANDO non ten dispoñibilidade en stock. Do mesmo xeito, o provedor indica que non teñen unha previsión de reposición de stock e, incluso, descoñecen se dita reposición poderá



ter lugar ou se será finalmente discontinuada a produción deste sensor. Tendo isto en conta, os membros do GO buscaron alternativas entre os seus contactos e empresas de sensorización. Entre outros fabricantes e provedores, revisáronse as opcións de Farnell¹⁰, Combutec¹¹, OMEGA¹², Orionis¹³ e Ventum Innovación¹⁴.

Tendo en conta as alternativas avaliadas, viuse que unha das máis adecuadas era o sensor de tanque de leite do proveedor Ventum Innovación (Figura 9.1).



Figura 9.1: Sensor para tanques de leite de Ventum Innovación (<https://ventumidc.es/>).

Este sensor é un equipo compacto que emprega unha sonda para medir a temperatura do leite e un sensor de radar para medir o nivel do tanque. Obtén tamén o movemento das aspas do sistema de axitación do tanque para evitar que o leite se poda ver afectada por un erro no funcionamento do mesmo, podendo avisar ao gandeiro do seu mal funcionamento.

Outra variación respecto ó visto anteriormente (Fase 1) foi o cambio no modelo de equipo de sensorización ambiental. Segundo indica ITG o seu nome comercial é agora Space Radon, mantendo as especificacións clave do modelo anterior e requirindo dun sistema de transmisión de datos asociado denominado Space Hub.

¹⁰ <https://es.farnell.com/>

¹¹ <https://combutec.es/>

¹² [Termopares, células de carga, RTDs, transductores de presión, medidores de tensión, Wireless y automatización \(omega.com\)](https://omega.com)

¹³ [Internet of Things - ORIONIS SMART WATER NETWORKS \(orionis-iot.com\)](https://orionis-iot.com)

¹⁴ [Ventum - Soluciones tecnológicas y de conectividad para el sector de la ganadería - Ventum \(ventumidc.es\)](https://ventumidc.es)

Con todo isto, a selección final de sensores a empregar foi a seguinte:

a. Nodo ambiente:

Opción 1: AirThings Space Radon (sensor) + Space Hub (conexión inalámbrica)
O equipo inclúe medida de radón, COV (totais), CO₂, humidade, temperatura, presión e luz.



Figura 9.2: Sensor AirThings Space Radon (<https://www.airthings.com/>)

b. Nodo auga:

Medida de caudal de auga: Sensor ultrasónico TUF-2000M TS-2 integrado en mSens. Descártase a medida de calidade de auga pola elevada dificultade de instalación de sensores invasivos, que requirirían dun acceso físico ás conducións de auga.

c. Nodo tanque:

- a. Para medida de consumo eléctrico decidiuse empregar o analizador de consumo SenNet Portátil, que non require instalación e permite realizar análises de consumo de ata 6 circuitos eléctricos trifásicos (ou 18 monofásicos). Permite medir potencia total e por fase (activa, reactiva e aparente), enerxía total e por fase (activa, reactiva e aparente), tensión por fase, intensidade por fase, factor de potencia por fase e frecuencia.
- b. Para medida de caudais de auga emprégase o mesmo sensor ultrasónico mencionado xa anteriormente no nodo auga (TUF-2000M TS-2 integrado en mSens).
- c. Para a medida do volume no tanque, como se comentou anteriormente, decidiuse empregar un sensor específico do provedor Ventum Innovación. O mesmo equipo conta con medida de temperatura de inmersión baseado en resistencia RTD e grao alimentario.
- d. Nodo muxidura. Este nodo é similar ó nodo tanque, ó incluír medida de consumo eléctrico e de consumo de auga.

- a. Para medida do consumo eléctrico emprégase o mesmo analizador de consumo SenNet Portátil. Se as fases a medir se concentran nun mesmo cadro eléctrico da explotación gandeira, poderíanse medir os consumos simultaneamente.
- b. Para medida de caudais de auga úsase o mesmo sensor ultrasónico mencionado xa anteriormente (TUF-2000M TS-2 integrado en mSens).
- e. Nodo meteo. Finalmente considerouse que a medida precisa das condicións meteorolóxicas na granxa era de interese e proporciona datos máis precisos que o uso de datos públicos de estacións próximas de AEMET ou Meteogalicia. Das estacións revisadas, finalmente optouse pola Davis Instruments Vantage Pro 2, moi completa e que permite a súa fácil integración co hardware e software de recollida e transmisión de datos.

Unha vez feita a selección final e adquisición dos diferentes equipos, procedeuse á adquisición do maletín e caixas plásticas para a súa integración e transporte e á instalación e configuración dos diferentes equipos e sistemas. A continuación explícanse brevemente estes traballos.

Conexións do caudalímetro

A alimentación do caudalímetro require 12VDC de forma permanente se se pretende que mida correctamente. É unha particularidade do caudalímetro o requisito de necesitar alimentación fixa, xa está permanentemente monitorizando os sensores e acumulando o caudal medido. O terminal GND vai directamente á batería, mentres que en +12V vai ao interruptor xeral do maletín.

A comunicación co mSens realízase mediante unha conexión RS485 con mSENS. Para iso conéctanse os terminais A e B de ambos os equipos.

As entradas dos sensores cableáronse a uns conectores femia circulares e estancos Weipu de 5 pines (dos cales só se utilizan 3), colocados nunha parede do maletín. Da mesma forma, aos sensores instalóuselle o correspondente conector aéreo Weipu macho. Neste punto, hai que prestar atención ao pinout dos conectores para cablear os sensores de forma correcta.

O equipo incluía 10 m de cable apantallado de 2 fíos, pero os sensores de ultrasóns viñan sen conectar para que cada usuario puidese empregar a lonxitude adecuada ao seu uso. Para non limitar a distancia máxima, utilizáronse 5m en cada sensor. O detalle da conexión pode verse na Figura 9.3.



Detalle das conexións nos sensores de ultrasóns:

- Marrón: Terminal +
- Azul: Terminal –
- Terra: Malla do apantallamiento



Figura 9.3: Detalle das conexións nos sensores de ultrasóns

No outro extremo do cable, conectáronse os xa citados conectores aéreos Weipu machos, asegurándose que o pinout correspóndese coas conexións realizadas entre os Weipu femias do maletín e o caudalímetro.

Conexións do receptor de datos e datalogger da estación meteo

O receptor é o Davis Weather Envoy coa opción de conexión RS232. Este receptor de Davis, ademais de proporcionar as medidas directas dos sensores da méteo, ten funcións de datalogger e engade medidas como a presión atmosférica, os valores acumulados e medias (para choiva e vento), índices varios etc. O Weather Envoy necesita alimentación permanente de 5VDC. Esta voltaxe obtense da saída 5V1 do mSens e ha de estar sempre activada para que os acumuladores e medias dos datos meteorolóxicos sexan correctos. GND vai directamente ao borne negativo da batería. As comunicacións realízanse mediante o protocolo RS232. O Weather Envoy ofrece

un cable RJ11 para as comunicacións, de forma que só hai que conectar os sinais correspondentes nos terminais de parafusos do mSens, coidándose de cruzar RX e TX.

- TX do Weather Envoy ao RX do porto RS232-1 do mSens
- RX do Weather Envoy ao TX do porto RS232-1 do mSens

Para as comunicacións non é necesario conectar GND pois tanto o Weather Envoy como o mSens comparten GND ao estar a alimentación de ambos os equipos conectada ao borne negativo da batería.

mSens

O equipo máis importante do maletín de SDIP é o mSens, xa que é o encargado de ler os datos meteorolóxicos e do caudalímetro, almacenalos e envialos á plataforma na nube.

Como particularidades para este desenvolvemento, modificouse a placa EB200-r00 para habilitar a memoria Flash. Dita modificación consiste en conectar fisicamente o pin CE da Flash co pin 15 da CB00-r00 accesible desde o pin header que conectan as saídas software serial cos MAX3232 das saídas RS232 do mSens.

O mSens require alimentación permanente de 12VDC. Aínda que o uso de temporizadores para programar as medidas e os envíos requiren que o equipo estea aceso, a maior parte do tempo atópase nun estado de moi baixo consumo. A única excepción, é que unha saída de 5VDC sempre está activa para que o receptor Davis poida funcionar correctamente.

Para poder facer uso da conexión GPRS do mSENS é necesario conectar unha antena, que neste caso trátase dunha antena plana instalada no interior do maletín. Utilizouse unha tarxeta SIM do provedor telefónico R.

A conexión co caudalímetro realízase mediante un bus RS485, conectado nos terminais de parafusos etiquetados como A e B.

A conexión co receptor Davis realízase mediante unha conexión RS232, que no caso do mSens usará o porto serie número 1.

Maletín

Elixiuse utilizar un maletín **PELI 1200** por ser o de menor tamaño posible que permite situar no seu interior todos os compoñentes deseñados.

Inicialmente practicáronse 3 orificios de 12mm de diámetro para instalar os conectores Weipu: 1 de 2 pines para o cargador da batería e 2 de 5 pines para os sensores de ultrasóns (aínda que só usan 3 pines). Na Figura 9.4 ofrécese varias imaxes que representan os primeiros pasos de mecanizado do maletín, colocación dos conectores, e primeiros recortes da espuma de protección.



Figura 9.4: Detalle da instalación de conectores no maletín

O seguinte paso foi situar a batería de chumbo-acedo de 2,2 Ah, con medidas estándar, e o interruptor xeral que corta a saída de 12VDC da batería. Para iso houbo que preparar uns cables de 0,75 mm² de sección cuns terminais Faston de 6 mm protexidos coa súa correspondente carcasa.

Para este proxecto, decidiuse utilizar unha antena GPRS plana que vai pegada na cara interior do maletín no lateral onde está o asa. Aínda que estas antenas ofrecen unha menor ganancia en comparación cun dipolo, hai dúas características que prevaleceron neste caso:

- Diagrama de radiación moi similar ao dunha antena isotrópica, a diferenza do dipolo omnidireccional que ten dous nulos na dirección do dipolo. Isto é unha vantaxe xa que, en zonas de mala cobertura, non hai que orientar o maletín de ningún xeito concreta.
- Tamaño depreciábel que non interfere co deseño mecánico interno do maletín.

Na Figura 9.5 pode verse como queda a antena unha vez pegada no interior do maletín. Esta antena vai conectada directamente ao mSens. A pesar de que neste proxecto non se necesita GPS, poderíase instalar unha antena GPS do mesmo tipo no futuro dunha forma análoga.



Figura 9.5: Detalle da antena GPRS adhesiva

Chegado a este punto instalouse o conxunto dentro do maletín para comprobar que todo encaixa correctamente, tal como pode verse na Figura 9.6.



Figura 9.6: Conxunto instalado no maletín, a falta de cablear



Figura 9.7: Montaxe da ferramenta. Detalle da estación meteorolóxica (dereita), medidor de caudal de auga e sistema de transmisión de datos (abaixo)

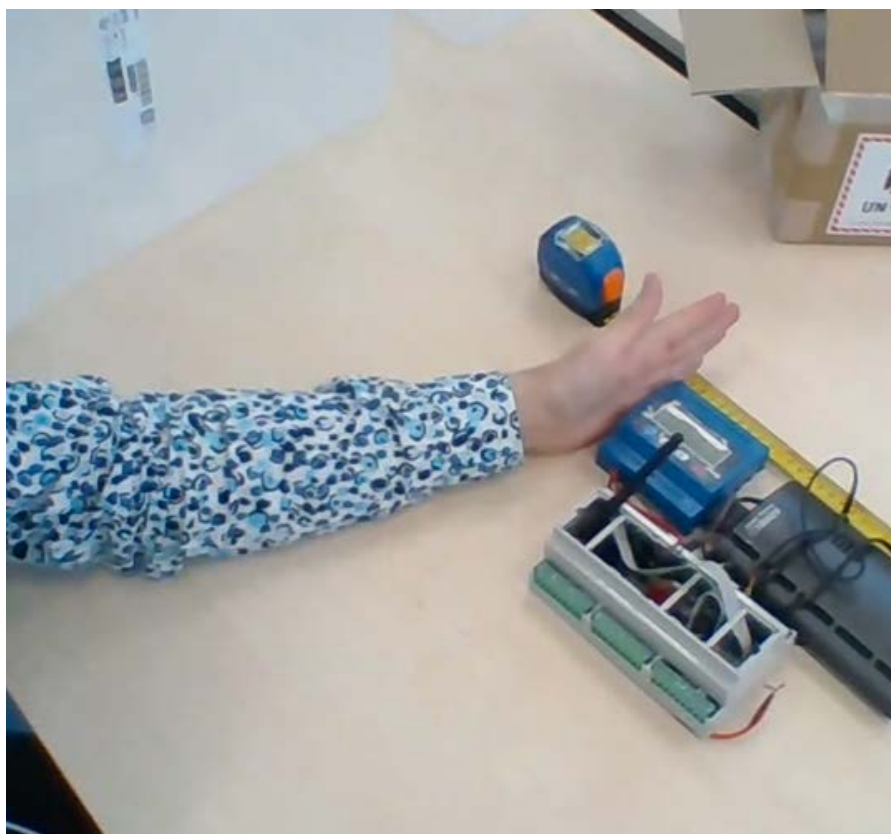


Figura 9.8: Traballos de montaxe: Sistema de transmisión de datos e caudalímetro.

Programación

Como adoita ser habitual en despregamentos de mSens, programáronse as **medidas en intervalos de 10 min con envíos 3 veces ao día configurados ás 6h, 14h e 22h (todas horas UTC)**. Normalmente esta configuración dá unha autonomía de entre 2 e 3 semanas, pero o uso do caudalímetro sempre aceso, reduce a duración da batería a aproximadamente unhas 24h de forma que para este proxecto o maletín debe utilizarse sempre conectado á electricidade.

A pesar de que o consumo do caudalímetro fai irrelevante calquera optimización do consumo do mSens, mantívose a política de manter en modo baixo consumo o mSens durante o tempo que transcorre entre as interrupcións dos distintos temporizadores.

A alimentación do receptor Davis tamén se mantén sempre conectada, aínda que a diferenza do caudalímetro que se alimenta directamente da batería, é alimentado a través da saída 5V1, que hai que manter activa mesmo nos modos de baixo consumo.

O receptor da **Davis** actúa como datalogger e pódese solicitar baixo demanda o paquete con todas as medidas dispoñibles.

En concreto, faise uso do paquete LOOP2 descrito no manual de Davis.

Para iso, o comando de lectura é “LPS 2 1” e a resposta é un paquete de 100 bytes onde van codificados os valores das medidas: algunhas ocupan 1 byte e outras 2 bytes.

Tanto o paquete de enviado como o recibido han de ter o CRC correcto, que neste caso utilízase o CRC16-CCITT.

O comando de lectura utilizado é:

- `commandDavis[] = {0x4C, 0x50, 0x53, 0x20, 0x32, 0x20, 0x31, 0x0A}`

A configuración do **caudalímetro** faise a través da súa propia pantalla e facendo uso dos botóns que ten. Os distintos parámetros ordénanse en menús ou xanelas aos que se pode acceder directamente introducindo o seu número.

A configuración inicial do caudalímetro esixe configurar previamente o modo de comunicación a RS485 RTU. Para iso, débese introducir no Menu63 o modo RTU.

A configuración do caudalímetro esixe configurarlle algúns parámetros para que poida ler correctamente o caudal. Algúns deses parámetros son o diámetro da tubaxe, o seu espesor, o material, separación dos sensores etc.

As lecturas que fai o mSens do caudalímetro, por ser modbus RTU mediante RS485, son bastante inmediatas unha vez que se sabe os rexistros que se queren ler.

O valor do acumulador lese do rexistro 112 e os seguintes 4 bytes, aínda que a resposta obtense ordenada dunha forma pouco convencional.

O comando de lectura utilizado é

- `commandTUF[] = {0x01, 0x03, 0x00, _registro, 0x00, nRexistros, 0xFF, 0xFF}`

Onde habería que introducir en `_registro` o 112, e en `nRexistros` un 2, porque se queren ler dous rexistros de 16 bits (en total 4 bytes). Por último, hai que substituír os últimos dous bytes co CRC16 estándar do modbus RTU.

Os datos lidos polo mSens en cada ciclo de medida, **almacénanse en memoria** cun selo temporal. Isto ten dúas vantaxes importantes: Por unha banda, permítese facer envíos máis eficientes e por outro elimínanse riscos de perda de datos por erros na conexión.

Con respecto á eficiencia nos **envíos**, aprovéitase cada vez que se acende o módem e conséguese abrir o socket TCP co servidor, para enviar moitas medidas almacenadas. A periodicidade dos envíos depende da cantidade de datos xerados e da necesidade de dispoñibilidade inmediata dos datos do proxecto. Desta forma, afórranse accesos innecesarios do módem.

Con respecto á perda de datos, o almacenamento en memoria das medidas antes de envialas simplifica enormemente o fluxo do programa: Mídese e almacénase, e periodicamente envíase. Todas as medidas que se van a enviar, xa están previamente almacenadas e pódese elixir a orde de envío desexado: ou as máis antigas primeiro (FIFO) ou as máis novas primeiro (LIFO). En todo caso, as medidas enviadas non se borran da memoria inmediatamente, permitindo, en casos excepcionais, volver enviar de novo medidas xa enviadas.

Cada ciclo de medidas almacénase en formato binario nunha páxina da memoria Flash (256bits) permitindo, para medidas cada 10 minutos, aproximadamente espazo para uns 7 meses de medidas. Cada bloque de medidas, empeza co selo temporal, a marca de envío correcto e un array de pares "SeriesID:valor".

O borrado da memoria Flash ocorre cando queda menos da metade da memoria libre e non hai ningún envío pendente. Esta operación na práctica, soe suceder cada 3 ou 4 meses se non hai problemas cos envíos.

Co fin de optimizar o tamaño dos paquetes enviados por GPRS, úsanse SeriesID e o TOKEN BASIC. Isto obrigou a dar de alta manualmente en na plataforma online Flythings, onde se almacenan estes datos, todos os SeriesID que se pretenden utilizar. Para limitar o número de variables enviadas, seleccionáronse só as medidas meteorolóxicas que tiñan interese para o proxecto.

Na seguinte lista, descríbense os SeriesID creados en Flythings para este maletín:

- 32924: RSSI do último envío por GPRS
- 32923: Voltaxe da Batería
- 32926: Temperatura interna dentro do maletín
- 32922: Humidade relativa dentro do maletín
- 32925: Acumulador do caudalímetro (litros)
- 32927: Presión atmosférica
- 32928: Temperatura exterior
- 32929: Velocidade instantánea do vento
- 32930: Dirección instantánea do vento
- 32931: Velocidade do vento media dos últimos 15 minutos
- 32932: Velocidade do vento máxima dos últimos 15 minutos (refacho)
- 32933: Dirección do vento media dos últimos 15 minutos
- 32934: Punto de rocío
- 32935: Humidade relativa exterior
- 32936: Intensidade de choiva instantánea
- 32937: Choiva acumulada nos últimos 15 minutos
- 32938: Choiva acumulada nos últimos 60 minutos
- 32939: Radiación solar
- 32940: Índice de sensación térmica “Heat Index”
- 32941: Índice de sensación térmica “Wind Chill”
- 32942: Índice de sensación térmica “THSW”
- 32943: Evapotranspiración diaria

Con respecto aos envíos, hai que ter en conta que as librerías utilizadas no mSens para controlar o módem só permiten o uso do protocolo HTTP, sendo incompatible con HTTPS. A configuración dos envíos a Flythings pode resumirse nos seguintes puntos:

- Os envíos realízanse a “dragonfly.itg.es”, porto 80
- O endpoint é /observation/csv/nofile
- O Token utilizado é “Basic ZGF0b3Mtc2RpcDpzZGlwMjAyMw==”



- Os paquetes envíanse formatados como CSV, seguindo as especificacións do paquete de Flythings.

Unha vez finalizada a construción da ferramenta e a programación do software, realizouse a súa instalación en granxas de leite para o seu testeo e posta a punto. Nas seguintes imaxes (Figura 9.9 e Figura 9.10) poden verse fotos de ditas probas.

Figura 9.9: Maletín da ferramenta instalado nunha granxa para testeo.



Figura 9.10. Estación meteorolóxica instalada nunha granxa para testeo.



9.3.4. Implementación práctica e validación da ferramenta

Tendo en conta as especificacións técnicas así como a experiencia de instalación e testeo nas granxas, elaboráronse unha serie de consellos sobre a instalación da ferramenta.

Estación meteorolóxica

Instalación no exterior, próxima á granxa pero nun lugar sen obstáculos para que non interrompan o fluxo do vento. O trípode de aceiro ten que colocarse de forma estable e fixarse ao chan, cravando unhas pequenas barras de aceiro.

Non debe excederse a distancia máxima ao maletín co sistema de recollida e transmisión de datos. En xeral 50 m pode ser unha distancia adecuada, e, dependendo do entorno e dos posibles obstáculos e apantallamentos de sinal, pode incluso superarse se é necesario.

Pola experiencia de testeo en granxas, tamén se observou que unha instalación en lugares lonxe de vivendas e/ou moi próximos a estradas ou camiños pode ter riscos de vandalismo e/ou roubo, polo que se recomentan lugares discretos e, se é posíbel, á vista das vivendas.

Sensor de calidade do aire

Instalación no interior da granxa, lonxe de superficies que irradien calor (teito, paredes...) e elementos que modifiquen as condicións ambientais (ventiladores, nebulizadores, columnas ou paredes que corten o paso do aire...), para que os valores medidos sexan o máis próximos posibles ás condicións nas que está o gando.

Pode ser aconsellable a localización nunha viga ou espazo entre vigas se é posíbel e é segura a súa instalación.

Conta cun sistema de recollida e transmisión de datos específico que ten que conectarse á rede eléctrica e non debe situarse a excesiva distancia do sensor nin con obstáculos como paredes ou columnas entre os dous. En xeral, unha distancia de 20 ou 30 m non dá problemas.



Figura 9.11: Sistema de recollida e transmisión de datos do sensor de calidade do aire, situado na parte superior dereita, colocado entre 2 tubaxes.

Medidor de consumo de auga

Conta con 2 sensores de pequeno tamaño a colocar na acometida xeral de auga da explotación, empregando un xel específico para o contacto coa tubaxe.

Os sensores teñen que colocarse preferiblemente nun tramo recto de condución completamente cheo de auga, horizontal ou vertical, e cunha lonxitude do tramo recto polo menos de 10 diámetros antes do primeiro sensor e de 5 diámetros tubo abaixo. Para tubaxes de diámetro menor ou igual a 20 cm (o máis habitual) os dous sensores colocaranse aliñados

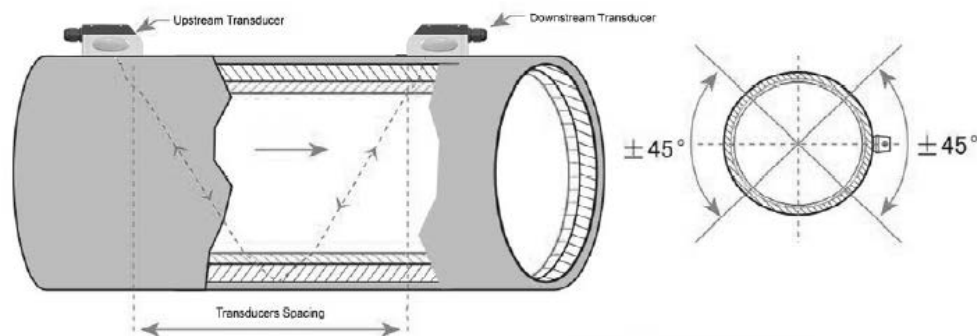


Figura 9.12: Instalación dos sensores de caudal de auga en V, para tubaxes de diámetro igual ou inferior a 200 mm. (TUF-2000M, Ultrasonic Flow meter User Manual)

Medidor de consumo eléctrico

A instalar no cadro eléctrico principal da explotación. Permite realizar análise de consumos de ata 6 circuítos eléctricos trifásicos ou 18 monofásicos. A súa instalación require do soporte dun electricista posto que, aínda que a conexión é moi sinxela, como se mencionou, require de manipular o cadro eléctrico da explotación, o cal só pode realizar o persoal habilitado para o mesmo. En calquera caso, o tempo de traballo requirido para a instalación e desinstalación deste medidor é moi reducido.

Sistema de monitorización do tanque de leite

O sensor de nivel e axitación ten que colocarse e fixarse sobre unha zona non metálica da tapa do tanque de leite. Para a fixación do mesmo é recomendable o uso de bridas plásticas, as cales aseguren que non se mova durante o seu uso.

O modem GSM portátil para a transmisión de datos ten que conectarse á rede eléctrica, nas proximidades do sensor. O propio controlador dos sensores ten que conectarse tamén á rede eléctrica.

Conta cunha sonda de temperatura de grao alimentario para medir a temperatura de leite no tanque.

Maletín co sistema de transmisión de datos

Como se viu anteriormente, inclúe o dataloguer da estación meteorolóxica e do caudalímetro, un microprocesador/ transmisor e unha batería que lle permite ter certa autonomía aínda que non estea conectado á rede eléctrica. En todo caso, si que se recomenda a súa conexión á rede eléctrica sempre que sexa posíbel e, en todo caso, para evitar a descarga total da batería.

Non pode colocarse a excesiva distancia da estación meteorolóxica nin do caudalímetro de auga. Como moito recoméndanse uns 50 m, aínda que a distancia máxima pode variar en función do terreo e dos obstáculos que haxa para o sinal.

9.3.5. Conclusións Fase 2

- Revisáronse as características e dispoñibilidade dos diferentes equipos e realizouse a selección final e adquisición dos mesmos. Durante a selección final foi necesario substituír o sensor de nivel do tanque por falta de stock
- Realizouse con éxito a construción do hardware e software da ferramenta, que finalmente está implementada nun maletín e que fai uso de caixas plásticas para facilitar o seu transporte.
- Fixéronse as probas de campo da ferramenta en explotacións, permitindo axustar algúns aspectos da ferramenta así como obter unha serie de recomendacións para a instalación dos sensores nas granxas.

9.4. Fase 3: Desenvolvemento técnico da BBDD de referencia

9.4.1. Introducción

O desenvolvemento conceptual da base de datos de referencia comprendeu unha fase crítica do proxecto, na que se realizou un exhaustivo traballo de posta en común e intercambio de ideas dentro do grupo de traballo. Durante esta etapa, determináronse os parámetros fundamentais que a base de datos debe recoller, incluíndo datos sobre produción, benestar animal, aspectos ambientais xestión económica e calidade do leite das explotacións gandeiras. Establecer estes parámetros foi esencial para asegurar que a base de datos se configure como unha ferramenta integral, capaz de proporcionar unha visión completa e detallada das operacións das explotacións.

Ademais, nesta fase tamén se definiu o sistema de manexo máis adecuado para a recollida, almacenamento e análise dos datos. Isto incluíu a selección de métodos eficientes de entrada de datos, cuxa determinación buscou garantir que a base de datos poida ser facilmente utilizada nas explotacións, facilitando o traballo para os gandeiros e maximizando a calidade e a precisión da información compilada.

Tamén se levaron a cabo análises detalladas das necesidades específicas das explotacións gandeiras, co obxectivo de que a base de datos non só funcione como un repositorio de información, senón que sexa unha ferramenta práctica e de valor engadido. A base de datos debe ser capaz de ofrecer información de calidade e útil que permita aos gandeiros tomar decisións informadas e estratéxicas, mellorando a eficiencia, a produtividade e a sustentabilidade das súas operacións. Así, o desenvolvemento conceptual buscou crear unha ferramenta que non só cumpra cos requirimentos técnicos, senón que tamén sexa adaptable e funcional no contexto real das explotacións gandeiras.

9.4.2. Toma de datos de fontes existentes

Neste proceso, identificáronse as principais fontes de datos dispoñibles, como rexistros oficiais de produción, sistemas de xestión internos das explotacións e bases de datos sectoriais, entre outros. A integración destes datos resultou esencial para establecer unha base sólida sobre a cal construír unha ferramenta que sexa representativa e completa.



Durante esta fase, levouse a cabo unha análise exhaustiva da calidade e a relevancia dos datos dispoñibles, asegurando que cumpran cos criterios de integridade, precisión e actualidade necesarios para a súa inclusión na base de datos. Ademais, consideráronse os diferentes formatos nos que estes datos se atopan almacenados, como follas de cálculo, bases de datos relacionais e documentos en papel, co obxectivo de deseñar procedementos eficientes para a súa extracción, transformación e carga (ETL) no novo sistema.

Así mesmo, co propósito de facilitar a actualización continua da base de datos, a ferramenta permite introducir datos manualmente que, por un lado, vanse compilar para o cálculo da eficiencia ambiental, económica e de calidade da explotación e, por outro lado, estes datos tamén seguerán a alimentar a ferramenta de forma que esta vai seguir mellorando a súa precisión co tempo de forma iterativa.

9.4.3. Toma de datos a través da ferramenta de validación

Para realizar o cálculo do nivel de eficiencia da explotación, a ferramenta require que se cubran unha serie de campos imprescindibles para o seu cálculo. Primeiramente solicita unha serie de datos xerais, como datos de caracterización da explotación como o nome da mesma, Código Explotación Agraria (CEA), dirección, provincia e municipio. Logo, solicita datos de produción gandeira como os litros de leite producidos ao ano, nº de cabezas de gando produtoras e nº de becerros e vacas secas. Estes datos son esenciais para caracterizar o tamaño da explotación para a posterior análise e os cálculos que se van realizar previamente.

Por último, a ferramenta conta cunha serie de inputs que constitúen a calculadora dos datos recollidos. Entre outros son a data a que se corresponden os datos, o consumo de luz kW/h, o consumo hídrico (l/h), a humidade, temperatura, volume total do tanque de leite ou forma do tanque.

9.4.4. Análise de datos, cálculos e matrices de traballo

A ferramenta procesa os datos introducidos especificados no apartado anterior coa fin de obter resultados para á análise de eficiencia da explotación.

Consumos Luz e Auga

1. Datos iniciais

Tomar valores de temperatura e humidade:

- Nodo Luz: consumo de Luz en kWh (datos por día)
- Nodo Auga: consumo de auga en Litros (datos por día)

2. Cálculos

Para o cálculo, temos 2 parámetros para o consumo eléctrico:

- Nº de cabezas de Gando (Número total de vacas)
- A medición de consumo eléctrico nun día (kWh nun día)

Desta forma, divídese o dato de consumo entre o número de cabezas de gando:

$$\frac{\text{Consumo kWh} * \text{día}}{\text{Nº de Cabezas de Gando}} = \text{Consumo kWh} * \text{día} * \text{vaca}$$

Filtrado de outliers

Logo, se poderían calcular os límites superiores e inferiores mediante a técnica de ventá móbil horaria (12 datos) e exclusión por método do Rango Inter cuartil (IQR).

Cálculo do primeiro cuartil (Q1) e do terceiro cuartil (Q3)

Cálculo do IQR: IQR = Q3-Q1

Cálculo do límite inferior: LI = Q1- 1,5 x IQR

Cálculo do límite superior: LS = Q3 + 1,5 x IQR

Eliminación dos puntos de datos que se atopen fóra dos límites

Medias

Cálculo de medias (2 datos) para a temperatura e a humidade, unha vez eliminados os outliers

Para o cálculo do consumo de auga, sería o mesmo. Temos 2 parámetros:

- Nº de cabezas de Gando (Número total de vacas)
- A medición de consumo de auga nun día (litro x día)

Desta forma, dividiríamos o dato d consumo entre o número de cabezas de gando:

$$\frac{\text{Consumo Litro} * \text{día}}{\text{Nº de Cabezas de Gando}} = \text{Consumo Litro} * \text{día} * \text{vaca}$$

Logo, igual que co caso do consumo da luz, aplicaríase a mesma metodoloxía para o cálculo dos límites superiores e inferiores e cálculo das medias, co que se realizará representación gráfica.

3. Análise de resultados

3.1. Consumo eléctrico

Cos valores rexistrados, elaborariase unha gráfica. Nela, distinguiríamos 3 franxas de consumo, eficiente, aceptable e ineficiente:



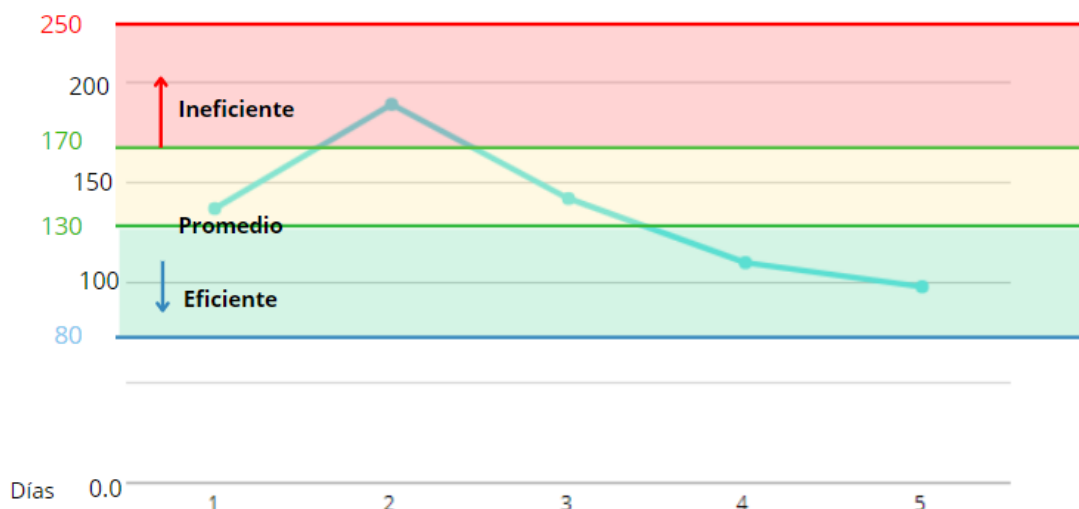
- **Consumo eficiente:** Dentro de esta franxa encontraremos datos cun consumo por debaixo do promedio nunha granxa estándar. Isto equivalería a un consumo eficiente e, polo tanto, non sería necesario implementar acciones correctivas.
- **Consumo aceptable:** Nesta franxa englobaríanse os datos que corresponden cun consumo eléctrico dentro do promedio, considerando como valores promedios. Poderían implementarse algunhas accións correctoras para mellorar o consumo, pero non sería urgente.
- **Consumo Ineficiente:** Esta última franxa englobaría a todos os datos de consumo que suporían un valor por riba do habitual nunha granxa, o que suporía un consumo excesivo e, polo tanto, a necesidade de implementar accións correctoras urgentes.



3.2. Consumo de auga

Cos valores rexistrados elaboraríase unha gráfica. Nela, distinguiríamos 3 franxas de consumo, eficiente, aceptable e ineficiente:

- **Consumo eficiente:** Dentro de esta franxa, encontramos datos cun consumo por debaixo do promedio nunha granxa. Isto equivalería a un consumo eficiente e, polo tanto, non sería necesario implementar acciones correctivas.
- **Consumo aceptable:** Nesta franxa se englobarían datos que se corresponderían cun consumo de auga dentro do promedio. Poderíanse implementar algunhas accións correctoras para mellorar o consumo, pero non sería urgente.
- **Consumo Ineficiente:** Esta última franxa correspondería a todos os datos de consumo que suporían un valor por riba do habitual nunha granxa estándar, o que suporía un consumo excesivo e, polo tanto, a necesidade de implementar acciones correctoras urgentes.



4. Medidas Correctoras

4.1. Consumo Eléctrico

- Instalación de luces LED ou de baixo consumo, o que suporía un aforro económico e favorece un consumo sostible.
- Implementar sistemas para regular o uso de enerxía nas horas de menor emprego para fomentar un aforro enerxético e de consumo total.
- Empregar un termostato programable para establecer horarios de funcionamento e sensores capaces de medir a Tº, de forma que quentárase o auga só cando fose necesario.
- Coñecer e empregar equipos cuxo certificado de eficiencia enerxética sexa o máis eficiente posible, xa que á larga favorecerá un menor consumo eléctrico e, polo tanto, un aforro económico e un apoio ao medioambiente.
- Realizar un correcto mantemento do equipo, o que fará que o equipo teña un mellor rendemento e, polo tanto, que sexa máis eficiente.
- Implementar un sistema de recuperación de calor desprendida no resto de procesos de produción, de modo que aproveitase a enerxía liberada no proceso de muxidura para aproveitalo novamente no proceso.

4.2. Consumo hídrico

- Implementar sistemas de reciclaxe do auga na limpeza, lavado do equipo e rego.
- Uso de captadores da auga de chuvia, os cales colectan e almacenan o auga e a reintegran nos sistemas de regadío.
- Programar as tarefas de limpeza de maneira que se optimice o proceso para minimizar o consumo de auga mediante programadores e sistemas de control, concienciación do persoal sobre o uso de prácticas sostibles, identificación de fugas, etc.

Calidade do leite

1. Datos iniciais

Valores de nivel do leite no tanque proporcionado polo sensor de Venum

Nodo tanque → Nivel da leite no tanque en % (datos cada 10 min)

Datos de referencia:

Temperaturas: 2°C y 4°C (Manter o leite a unha temperatura entre 2 y 4°C é crucial para minimizar o crecemento bacteriano e preservar os compoñentes nutricionais de la leche).



Fondo Europeo Agrícola de Desenvolvemento Rural

Europa inviste no rural

2. Cálculos

Filtrado de outliers

Poderíamos usar unha técnica de venta móbil horaria (12 datos) e exclusión por método do Rango Intercuartílico (IQR).

Cálculo do primeiro cuartil (Q1) e do terceiro cuartil (Q3)

Cálculo do IQR: $IQR = Q3 - Q1$

Cálculo do límite inferior: $LI = Q1 - 1,5 \times IQR$

Cálculo do límite superior: $LS = Q3 + 1,5 \times IQR$

Eliminación dos puntos de datos que se atopen fóra dos límites

Medias

Cálculo de medias cada 10 min (2 datos) para a temperatura e a humidade, unha vez eliminados os outliers.

Cálculo da calidade do leite

Exemplo de valores para os coeficientes:

- $a=1.5a = 1.5a=1.5$ (pondera a graxa)
- $b=1.2b = 1.2b=1.2$ (pondera a proteína)
- $c=1.0c = 1.0c=1.0$ (pondera a lactosa)
- $d=0.5d = 0.5d=0.5$ (resta a influencia negativa das células somáticas)
- $e=0.3e = 0.3e=0.3$ (resta a influencia negativa do reconto bacteriano)

Fórmula:

$$QL = (1.5 \cdot G) + (1.2 \cdot P) + (1.0 \cdot L) - (0.5 \cdot CS) - (0.3 \cdot RB)$$

$$QL = (1.5 \cdot G) + (1.2 \cdot P) + (1.0 \cdot L) - (0.5 \cdot CS) - (0.3 \cdot RB)$$

Tamén se poderían ter en conta outros factores nunha fórmula máis complexa. Os factores serían os seguintes:

- presenza de antibióticos
- contaminantes
- características organolépticas

3. Análise de resultados e consellos/indicacións para o gandeiro

3.1. Temperatura

2°C - 4°C (calidade óptima da leite)

<2°C

Axustar termostato e revisar que non esté configurado a temperatura demasiado baixa. Mellorar o illamento do tanque para manter unha temperatura interna mais constante.

> 4°C crecimiento bacteriano

Mellorar o sistema de preenfriamento do tanque ou no caso de ser necesario cambiar o tanque.

Análise e control da calidade do leite

Reconto de Células Somáticas (SCC): Un SCC alto indica infección nas ubres, como mastite. Manter un SCC baixo é crucial para a calidade do leite e a saúde da vaca.

Carga bacteriana

Reconto de bacterias totais: Avaliar a cantidade total de bacterias presentes no leite asegura que está libre de contaminantes.



Reconto de bacterias específicas: Realizar probas para detectar bacterias específicas como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, e outros patóxenos que poden afectar a seguridade da leite.

3.2. Nivel do leite

Intervalo entre vaciados do tanque do leite.

Se o intervalo é maior a **x** hai risco para a calidade do leite

Se o intervalo é **y** non hai risco para a calidade do leite

3.3. Auga quente para limpeza do tanque de leite

Termoeléctrico: Calcular a relación entre o volume do termo e número de cabezas de vacas produtoras

Temperatura do sistema de quecemento (termoeléctrico, caldeira de gas, caldeira de gasoil, caldeira de biomasa), comparar con un valor de referencia:

Se non chega a temperatura óptima de limpeza hai que recomendar cambiar o sistema de quecemento.

Se a temperatura está por encima da temperatura de referencia é que hai un gasto de enerxía innecesario.

Benestar do gando

1. Datos iniciais

Tomar valores de temperatura e humidade:

Nodo ambiente → Humidade en % (datos cada 5 min)

Nodo ambiente → Temperatura en °C (datos cada 5 min)

Datos de referencia:

Temperaturas: 5 °C, 25 °C

ITH (Índice Temperatura Humidade): 72, 79, 82

2. Cálculos

Filtrado de outliers

Pódese usar unha técnica de venta móbil horaria (12 datos) e exclusión por método do Rango

Intercuartílico (IQR).

Cálculo do primeiro cuartil (Q1) e do terceiro cuartil (Q3)

Cálculo do IQR: $IQR = Q3 - Q1$

Cálculo do límite inferior: $LI = Q1 - 1,5 \times IQR$

Cálculo do límite superior: $LS = Q3 + 1,5 \times IQR$

Eliminación dos puntos de datos que se atopen fóra dos límites

Medias

Cálculo de medias cada 10 min (2 datos) para a temperatura e a humidade, unha vez eliminados os outliers

Cálculo do Índice Temperatura Humidade

$$ITH = 0,8 \times T + \frac{HR}{100} \times (T - 14,3) + 46,4$$

Onde:

ITH = Índice Temperatura Humidade

T = Temperatura en °C (media cada 10 min)

HR = Humidade Relativa en % (media cada 10 min)

3. Análise de resultados e consellos/indicacións para o gandeiro

3.1. Temperaturas



≥3 valores consecutivos de T media < 5 °C

PROBABLE ESTRÉS TÉRMICO POR FRÍO: Medidas correctoras necesarias:

- Mellora do illamento: Asegurar que as instalacións contan con materiais illantes adecuados en teitos e paredes
- Redución da ventilación exterior: Revisar o peche de portas, avaliar a instalación de cortinas térmicas ou paneis móbiles, especialmente en áreas expostas ás correntes de aire
- Vestimenta para os animais máis vulnerables: Pódense usar mantas ou cobertores deseñados para o gando, especialmente para os animais máis delicados como vacas paridas ou becerros
- Medidas de manexo do gando: Manter ás vacas en grupos pode axudar a manter o calor corporal, aínda que hai que evitar o exceso de agrupamento. Aumentar a inxesta de alimentos ricos en enerxía pode axudar ás vacas a manter a súa temperatura corporal

≥3 valores consecutivos de T media > 25 °C

PROBABLE ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR: Medidas correctoras necesarias:

- Provisión de sombra: É importante que tódalas vacas contan con espazo de sombra
- Mellora da ventilación: Aumentar a ventilación con sistemas naturais como aberturas no teito ou nas paredes ou sistemas mecánicos
- Instalación de aspersores de auga: Os aspersores facilitan a perda de calor por evaporación. É recomendable realizar sesións de aspersión en combinación coa ventilación para maximizar a eficiencia de enfriamento
- Agrupamento do gando e acceso á auga: Evitar que o gando estea excesivamente agrupado e asegurar un acceso constante a auga fresca
- Axustar a alimentación: Axustar a composición das racións ou incluír suplementos de electrolitos para previr a deshidratación e mellorar a capacidade das vacas para soportar a calor

Ningún dos 2 casos

SITUACIÓN CORRECTA

3.2. ITH

≥2 valores consecutivos de ITH > 82

ESTRÉS ALTO: Redución na produción e risco para a saúde dos animais. Medidas correctoras URGENTES:

- Provisión de sombra: É importante que tódalas vacas contan con espazo de sombra
- Mellora da ventilación: Aumentar a ventilación con sistemas naturais como aberturas no teito ou nas paredes ou sistemas mecánicos
- Instalación de aspersores de auga: Os aspersores facilitan a perda de calor por evaporación. É recomendable realizar sesións de aspersión en combinación coa ventilación para maximizar a eficiencia de enfriamento
- Agrupamento do gando e acceso á auga: Evitar que o gando estea excesivamente agrupado e asegurar un acceso constante a auga fresca
- Axustar a alimentación: Axustar a composición das racións ou incluír suplementos de electrolitos para previr a deshidratación e mellorar a capacidade das vacas para soportar a calor
- Monitorización da situación

≥3 valores consecutivos de ITH 79 – 82

ESTRÉS MODERADO: Afectación lixeira na produción. Medidas correctoras necesarias:

- Provisión de sombra: É importante que tódalas vacas contan con espazo de sombra
- Mellora da ventilación: Aumentar a ventilación con sistemas naturais como aberturas no teito ou nas paredes ou sistemas mecánicos



- Instalación de aspersores de auga: Os aspersores facilitan a perda de calor por evaporación. É recomendable realizar sesións de aspersión en combinación coa ventilación para maximizar a eficiencia de enfriamento
- Agrupamento do gando e acceso á auga: Evitar que o gando estea excesivamente agrupado e asegurar un acceso constante a auga fresca
- Axustar a alimentación: Axustar a composición das racións ou incluír suplementos de electrolitos para previr a deshidratación e mellorar a capacidade das vacas para soportar a calor

≥3 valores consecutivos de ITH 72-79

ESTRÉS BAIXO: Seguimento da situación, pero non son necesarias medidas correctoras

Resto (ITH sempre por debaixo de 72, agás en momentos puntuais inferiores a media hora)

SITUACIÓN CORRECTA

9.4.5. Conclusións

- Diseñouse a base de datos de referencia así como os datos de partida necesarios para os cálculos, tanto os de fontes existentes como aqueles que se toman directamente da ferramenta de monitorización.
- Tendo isto en conta, levouse a cabo con éxito a definición e deseño dos cálculos e matrices de traballo, así como as diferentes recomendacións que da o sistema en función das comparacións entre referencias e valores de cada explotación.
- Testeouse o sistema de base de datos de referencia, cálculos e recomendacións, obtendo bos resultados.

9.5. Fase 4: Desenvolvemento técnico do software de xestión de datos

O desenvolvemento técnico do software de xestión de datos para as explotacións gandeiras iniciou cunha fase de prototipado e validación, empregando unha solución inicial baseada en follas de cálculo avanzadas. Esta solución actúa como unha versión preliminar que permite probar e refinar os conceptos fundamentais da ferramenta final. A elección de traballar cunha ferramenta como Excel durante esta fase responde á súa flexibilidade e capacidade para manexar grandes volumes de datos, ademais de facilitar unha rápida iteración sobre o deseño dos procesos de entrada, análise e presentación da información.



Figura 9.13: Portada da folla de cálculo avanzada para a xestión de datos e o cálculo.

Nesta versión inicial, implementáronse as funcionalidades clave que a futura ferramenta de xestión debe integrar, como a organización dos datos relativos á produción, a saúde animal, a alimentación e a xestión económica das explotacións.

O Excel foi programado para funcionar de forma automatizada mediante o uso de macros, permitindo a realización de cálculos complexos e a análise de datos con só pulsar un botón. Os resultados non só se compilan de inmediato, senón que tamén se acumulan para obter valores promedios e gráficos que permiten estudar a evolución de parámetros clave como os niveis de consumo, temperatura, humidade e o estado do tanque ao longo do tempo. Desta maneira, os gandeiros poden obter unha visión clara e detallada das tendencias e variacións que afectan as súas explotacións, facilitando a toma de decisións baseada en datos.

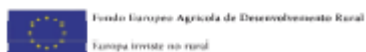


Figura 9.14: Portada do informe de diagnóstico que xera a aplicación Excel.

Este enfoque tamén posibilitou a retroalimentación directa dos usuarios finais, permitindo comprender mellor os requisitos específicos e os retos prácticos que deben ser abordados na versión final da ferramenta. Aínda que esta solución inicial baseada en Excel serve como un valioso banco de probas, o obxectivo é evolucionar cara a unha aplicación de software dedicada, que ofrecerá unha experiencia máis robusta, segura e eficiente. Esta aplicación final estará deseñada para manexar datos de forma centralizada, proporcionando unha plataforma escalable que poderá ser adaptada ás futuras necesidades e avances do sector gandeiro.

Guía de Boas Prácticas de Consumo:

1. Iluminación

Onde se pode producir un maior aforro dentro do sector do vacún leiteiro é na adaptación da iluminación de forma adecuada. Un correcto deseño da instalación de iluminación non só tendería a producir un aforro no consumo enerxético da mesma, senón unha mellora no nivel produtivo das vacas, aumentando a produción de leite e mellorando o seu nivel de saúde, reducindo o estrés dos animais e mellorando o seu desenvolvemento desde tenreiro a vaca adulta. As vacas son animais delicados, que ademais teñen unha percepción ocular distinta ao ser humano. Por tanto, necesitan unhas condicións lumínicas especializadas para ter un desenvolvemento biolóxico adecuado. Neste senso, o factor máis importante en canto á iluminación das cortes é favorecer uns niveis lumínicos adecuados ao longo do día. En xeral, establécese na literatura científica que ao longo do ano deben de establecerse dúas tipoloxías de iluminación con obxecto de favorecer a alimentación dos animais e o seu lactación.

LDPP (Long Day Photoperiod): Consistente en expor as vacas á luz solar e/ou achegar iluminación suplementaria durante 16 horas diarias (150-200 lx medidos a nivel ocular da vaca), cun período de descanso de 8 h con iluminación limitada (menor de 10 lx). En xeral, este tipo de iluminación é axeitada para as vacas en lactación, os terreiros e os xatos, ao favorecer a alimentación e produción de leite ata nun 8 %.

SDPP (Short Day Photoperiod): Consistente en expor as vacas á luz solar e/ou achegar iluminación suplementaria durante 8 horas diarias (150-200 lx medidos a nivel ocular da vaca), cun período de descanso de 16 h con iluminación limitada (menor de 10 luxes). Este tipo de iluminación úsase xeralmente en vacas adultas durante o período seco, no que se recuperan a súa capacidade produtiva despois do segundo muxido, durante entre 60 e 45 días. Unha correcta exposición á luz durante este período favorece a recuperación dos animais, acelerando esta e facéndolos máis produtivos ao terminar o período seco, mellorando ademais o seu sistema inmunitario. Adicionalmente a literatura científica adoita coincidir cos niveis de iluminación por estancia especificados na Guía desenvolvida pola ASABE en 2014 (Sociedade Estadounidense de Enxeñeiros Agrícolas e

Niveis de Iluminancia por área en procesos do sector vacún leiteiro Guía ASABE 2014	
Área	Iluminancia (lx)
Cortes	100-200
Corredores	50-100
Sala de muxido	200
Iluminación nocturna	< 10 (preferiblemente 5 lx)

Finalmente, adóitase considerar como boas prácticas en iluminación os seguintes puntos, que aínda que non teñen incidencia alta sobre a capacidade produtiva da vaca, de acordo a estudos reducen o seu estrés, aumentando a súa saúde:

- Durante o cido diurno é máis adecuado empregar iluminación fría, próxima ao ton da luz natural ("Branco Día" 6000-6500 K) con rango de emisividade de onda entre os 460 e 480 nm.

- Durante o cido nocturno é máis axeitado empregar iluminación cálida para as luces de posición (2300 K – 2700 K).

Nas zonas de paso é positivo empregar iluminación con boa reproducibilidade cromática, reducindo as sombras nos ángulos de visión da vaca, debido a que estes animais teñen un ángulo de visión limitado, sendo perceptivos á presenza de sombras, as cales lles causan estrés. Estes puntos fan especialmente interesante o uso de iluminación LED nos corteños, dado á súa capacidade de regular o fluxo das luminarias e a súa boa reprodución cromática.

2. Enerxías renovables para xeración de electricidade

A xeración de electricidade a partir de fontes de enerxía renovable é unha práctica cada vez máis estendida no sector gandeiro polos seus múltiples beneficios. Non só axudan a reducir a pegada de carbono da produción gandeira, o que é esencial para a sustentabilidade ecolóxica, senón que tamén permiten reducir os custos de enerxía a longo prazo. A enerxía solar fotovoltaica e a enerxía eólica son opcións moi prometedoras, pero deben darse certas condicións relacionadas co recurso solar e eólico, o espazo dispoñible e os hábitos de consumo para que resulten técnica e economicamente viables.

Instalación solar fotovoltaica

As instalacións de xeración de enerxía de tecnoloxía fotovoltaica son cada vez máis habituais en granxas e outras instalacións gandeiras. A enerxía fotovoltaica é unha fonte de enerxía renovable en elevado estado de madurez, o que fai que as instalacións deste tipo teñan cada vez un custo máis competitivo e maior eficiencia de conversión da radiación incidente en electricidade. Os principais compoñentes dun sistema solar fotovoltaico son:

- **Paneis ou módulos fotovoltaicos:** O elemento principal da instalación, realiza a conversión da enerxía incidente en forma de radiación solar en enerxía eléctrica. A enerxía á saída dos paneis ten forma de corrente continua a tensións baixas, polo cal adoitan agruparse varios paneis en serie.

- **Inversor:** Dispositivo encargado de converter a corrente continua procedente dos paneis e opcionalmente baterías en corrente alterna, coas mesmas características que a que circula pola rede convencional.

Figura 9.15: Capturas de exemplo de consellos e recomendacións que xera a aplicación no correspondente informe.

9.6. Fase 5: Divulgación do proxecto

Durante a execución do proxecto, leváronse a cabo unha serie de xornadas explicativas destinadas a presentar os obxectivos, metodoloxías e resultados acadados no proxecto a o público interesado e en xeral. As xornadas cubriron aspectos clave como a mellora da eficiencia das explotacións gandeiras, o uso de novas tecnoloxías e as prácticas de monitorización integral como o que permite a ferramenta, co obxectivo de fomentar a participación activa dos actores do sector. Ademais, nesta xornadas tamén fíxose constancia de como a XUNTA e AGACAL, a través da execución dos Grupos Operativos, apoia iniciativas que melloran a eficiencia e produtividade dos gandeiros, así como o seu desempeño ambiental, para que os alimentos e produtos que consumimos sexan de calidade e sostibles para o medio ambiente.

En conclusión, a divulgación dos resultados do proxecto realizouse con éxito tanto o sector o que vai dirixido como o público en xeral e axudaron a crear unha maior conciencia sobre o impacto do proxecto e trasladar o coñecemento da problemática aos gandeiros e outros representantes do sector, facilitando o intercambio de ideas entre expertos e usuarios finais.

9.6.1. Xornadas explicativas do proxecto

Durante o desenvolvemento do proxecto, leváronse a cabo talleres demostrativos prácticos, realizados en formato 100% online e de acceso gratuíto a todo o público interesado. O obxectivo destes talleres foi presentar a ferramenta de Diagnóstico Integral Portable SDIP, o seu funcionamento e utilidade para a monitorización completa dunha explotación gandeira. Durante os talleres, os participantes aprenderon a utilizar a ferramenta para medir diversos parámetros relacionados co benestar animal, a eficiencia produtiva e o impacto ambiental das explotacións. Por outro lado, os talleres non só ensinaron o uso da ferramenta, senón que tamén destacaron os beneficios directos que esta tecnoloxía achega ás explotacións, mellorando a súa xestión e rendemento global, e a súa necesidade á hora de lograr explotación máis rendibles e sustentables dende o punto de vista económico, medioambiental e do benestar do gando.

9.6.2. Talleres prácticos do uso da ferramenta portable

Durante o desenvolvemento do proxecto, leváronse a cabo talleres demostrativos prácticos, realizados en formato 100% online e de acceso gratuíto a todo o público interesado. O obxectivo destes talleres foi presentar a ferramenta de Diagnóstico Integral Portable SDIP, o seu funcionamento e utilidade para a monitorización completa dunha explotación gandeira. Durante os talleres, os participantes aprenderon a utilizar a ferramenta para medir diversos parámetros relacionados co benestar animal, a eficiencia produtiva e o impacto ambiental das explotacións. Por outro lado, os talleres non só ensinaron o uso da ferramenta, senón que tamén destacaron os beneficios directos que esta tecnoloxía achega ás explotacións, mellorando a súa xestión e rendemento global, e a súa necesidade á hora de lograr explotación máis rendibles e sustentables dende o punto de vista económico, medioambiental e do benestar do gando.

9.6.3. Folletos e trípticos explicativos

Con vistas a facilitar a comprensión do proxecto por parte dos distintos actores do sector, elaboráronse diversos folletos e trípticos divulgativos. Estes materiais explicativos estiveron enfocados a ofrecer unha visión xeral do proxecto, incluíndo os obxetivos do mesmo, a descrición das actividades que levaráanse a cabo ao longo do seu desenvolvemento e os beneficios esperados da súa implementación. Ademais, nos propios folletos proporcionábanse a información de contacto co fin que calquera interesado no proxecto ou en participar nas xornadas e talleres puidera notificalo para a súa inscrición.

9.6.4. Difusión web

O apartado web de Sistema de Diagnóstico Integral Portable, publicadona páxina web de ULEGA, foi a cara visible do proxecto durante o mesmo. Nel atopase toda a información do proxecto: resumo,



obxectivos, participantes etc., así como o enlace a ferramenta web e aos materiais divulgativos derivados de este.

Link á web: <https://www.ulega.org/projects-2-1>



9.6.5. Folleto explicativo da ferramenta (manual de usuario).

Co obxectivo de divulgar e difundir o proxecto e as súas actividades entre o maior número de beneficiarios posibles, elaborouse un cartel e un folleto disponibles na páxina web do proxecto, seguindo a mesma imaxe corporativa e seguindo as pautas de publicidade e difusión establecidas na convocatoria.

Foto cartel do proxecto:



En canto ao folleto este conta cos seguintes apartados:

- Entidades participantes
- Resumo
- Obxectivos
- Beneficios aportados
- Etapas
- Actividades

Foto folleto:



10.
11.

11.1.1. 9.7 Informe de resultados a RRN e a Rede EIP-AGRI.

Á divulgación dos resultados do proxecto realizouse con éxito tanto a integrantes do sector gandeiro, como o público en xeral é a administración. Neste último aspecto, adxuntouse un informe onde se recollen todos os resultados acadados ao longo de proxecto, en formato pdf, tanto a RRN e a Rede EIP-AGRI.

12.RESULTADOS ACADADOS

Os resultados acadados son os seguintes:

1. Obteívese unha ferramenta hardware de monitorización portátil, xunta cunha versión preliminar da versión do software de xestión e análise dos datos medidos polos sensores. A ferramenta SDIP é capaz, de esta forma, de medir parámetros meteorolóxicos, calidade do aire, consumo de auga, consumo eléctrico e estado de viabilidade do tanque de leite. As medidas obtidas pola ferramenta hardware son almacenadas na nube e, gardadas e procesadas para, seguidamente, ser cargadas e analizadas pola ferramenta de software.

Tanto a ferramenta coma o software foron testados en varias explotacións e comprobouse tanto a capacidade do sistema para monitorizar a explotación, como para avaliar a situación inicial da granxa e proporcionar recomendacións e medidas correctoras específicas para a situación acadada.

2. Obtívose un software de análise de datos e aconsellamento que proporciona consellos e recomendacións para o aforro de auga e electricidade nas explotacións, adecuados ás condicións de cada explotación analizada.

Outros resultados a destacar:

- Coa implementación de todas ou algunhas das medidas e recomendacións para mellorar a eficiencia e aforro hídrico e enerxético.
- Xeradas polo software obtido en SDIP, lógrase a redución da pegada de carbono das explotacións, tal e como estaba previsto.

13.BENEFICIOS APORTADOS AO MEDIO RURAL.

Non resulta sinxelo para as explotacións gandeiras cun grado medio/alto de mecanización das súas actividades cotiás, coñecer o rendemento da súa explotación e a súa eficiencia no que respecta aos procesos que se levan a cabo de forma diaria nela. Os métodos de monitorización de naves, salas de muxidura, consumo eléctrico de maquinaria, e utilización de insumos entre outros, son complexos, de instalación fixa, e están só o alcance das explotacións máis modernas e con maior capacidade adquisitiva. Polo tanto, explotación de menor tamaño e con menor poder adquisitivo quedarían fora destas posibilidades. Por este motivo, os beneficios que aporta ao medio rural son varios:

Por un lado, permite unha maior accesibilidade por parte dos gandeiros con menos recursos a un sistema de diagnóstico que permita obter datos do funcionamento da explotación da granxa e a optimización dos recursos e procesos.

Tamén permite, ao ser portable, un manexo de varios puntos dentro da mesma granxa, sen a necesidade de instalar maquinarias pesadas e complexas en cada un destes puntos, reducindo así enormemente o custo de inversión. Así mesmo, a optimización dos procesos pode dar lugar a un aumento na calidade dos produtos finais obtidos, tales como unha leite cunha mellor calidade.

Esta redución de custos e aumento na calidade poden estar ligados tamén a un aumento na competitividade por parte das explotacións rurais que fagan uso do sistema de diagnóstico portable.

Ademais, a obtención de datos sobre o rendemento da granxa permite optimizar os recursos e procesos, podendo proporcionar un beneficio económico potencial derivado deste aforro, así como unha redución no impacto ambiental derivado do funcionamento da granxa. Deste xeito, esta melloría na xestión permite diminuír distintas problemáticas ambientais que se soen relacionar a produción gandeira, como a pegada de carbono ou a hídrica.

Por outro lado, a introdución de novas tecnoloxías pode atraer a mozas ao sector agropecuario, facilitando a súa incorporación e modernizando as explotacións tradicionais.

Por último, o seguimento constante do estado da animais axuda a detectar problemas de saúde ou estrés a tempo, o que mellora o seu benestar e, en consecuencia, a súa produtividade.

