PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

LABORATORIO TECNOLOGICO IMPIANTI A FUNE

Applicabilità del metodo magnetoinduttivo per il controllo della integrità delle funi installate su sistemi di sollevamento

ing. Fabio Degasperi
Direttore del LA.T.I.F.

Trento, settembre 2010

Premessa

La presente relazione ha lo scopo di presentare il metodo magnetoinduttivo per il controllo dell''integrità delle funi in acciaio, e di prospettarne l'applicazione sistematica su funi installate su sistemi di sollevamento in generale.

Le osservazioni che seguono sono da considerare di massima, da confermare o modificare a seguito di valutazioni più approfondite e mirate, e sulla base delle applicazioni interessate.

Per il controllo di integrità delle funi in acciaio il metodo magnetoinduttivo è universalmente riconosciuto come valido ed affidabile: l'efficacia risulta dal contributo dell'esperienza, delle capacità e scrupolo dell'operatore che effettua l'esame e della qualità della strumentazione utilizzata nel controllo.

Il metodo è, da molti decenni, applicato sistematicamente nel settore funiviario di trasporto pubblico di persone, la severa normativa di sicurezza presente in questo delicato campo lo richiede espressamente e ne stabilisce periodicità e modalità di applicazione.

Di seguito si esaminano i diversi aspetti riguardanti questo metodo di controllo e la sua applicabilità al caso delle funi di impianti di sollevamento, a partire dal principio del metodo fino alla possibile organizzazione di una struttura/staff in grado di gestire tutto l'argomento dei controlli non distruttivi sulle funi installate.

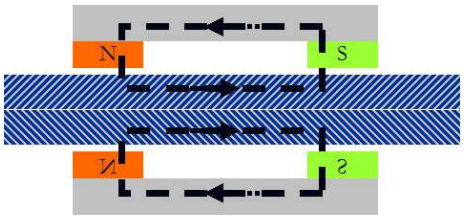
1. Principio del metodo
2. Sensibilità del controllo e certificazione delle apparecchiature
3. Apparecchiature: soluzioni costruttive
4. Danni rilevabili con questo metodo
5. Vantaggi e limiti del metodo
6. Caso dei sistemi di sollevamento
    - 6.1 Tipologia e numero delle funi installate
    - 6.2 Difficoltà relative all'accessibilità
    - 6.3 Applicabilità del metodo al caso in esame
    - 6.4 Periodicità dei controlli
    - 6.5 Definizione dei criteri di sostituzione delle funi
    - 6.6 Valutazione dei danni
    - 6.7 Aspetti tecnici e gestionali da considerare
        - 6.7.1 Dati di partenza (dimensione del problema)
        - 6.7.2 Azioni di carattere tecnico
        - 6.7.3 Azioni relative al personale
        - 6.7.4 A regime
7. Conclusioni

Infine, si indicano i punti dove il LA.T.I.F. può collaborare nell'eventuale progetto di costituzione di uno staff di controllo e nell'esecuzione e gestione dei controlli periodici.

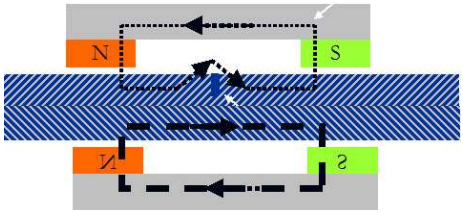
1. Principio del metodo

Si illustra in maniera molto schematica e sintetica il principio sul quale si basa il controllo.
Il metodo utilizza la magnetizzazione locale della fune (materiale ferromagnetico), per poter mettere in evidenza anomalie presenti sia esternamente, che internamente alla fune stessa.

La fune viene magnetizzata localmente, per una lunghezza di circa 200-400mm, tramite magneti permanenti montati nella testa di magnetizzazione (detector).
Qualsiasi anomalia superiore ad una certa entità determina un disturbo nella distribuzione delle linee di flusso del campo magnetico, che fa passare all'esterno della fune parte di queste linee (vedi figura).

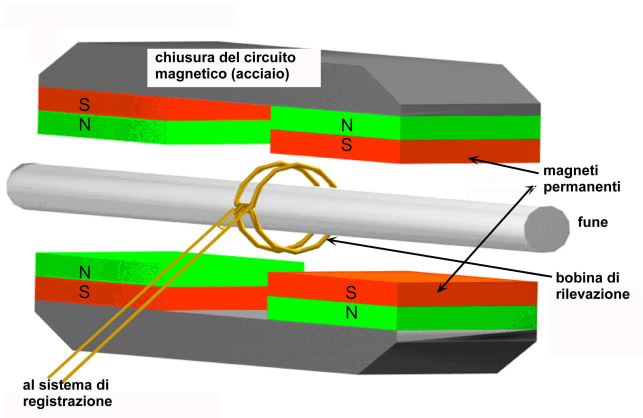


Magnetizzazione di un tratto di fune integro, con linee di flusso interne alla fune e parallele

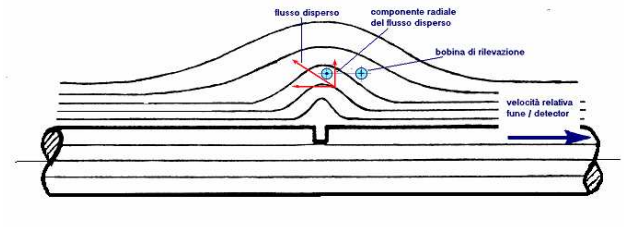


Disturbo nelle linee di flusso, determinato dall'anomalia, con trasferimento all'esterno della fune

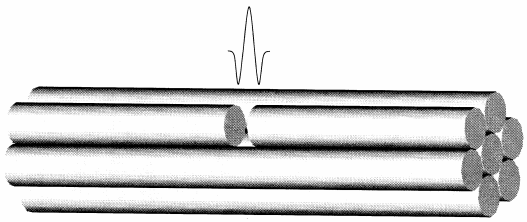
Queste linee di flusso anomale (detto flusso disperso) vengono "captate" da una bobina di rilevazione che avvolge la fune nel tratto centrale: con movimento relativo tra fune e detector si induce un picco di tensione.



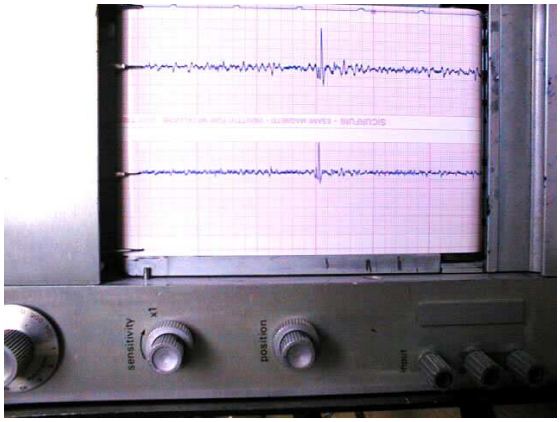
Schema costruttivo di detector a magneti permanenti dell'ultima generazione



Flusso disperso, determinato dalla rottura, con bobina di rilevazione



Andamento teorico dell'impulso



Registrazione dell'impulso

Corrispondente difetto (filo rotto singolo)

Questo segnale viene visualizzato e memorizzato da un apparecchiatura di registrazione/scrivente sotto forma di grafico: il controllo procede per la lunghezza di fune interessata.

Questo si traduce in una registrazione continua, estesa a tutto il tratto di fune esaminato, dove vengono evidenziati sotto forma di picchi i difetti rilevati: questi emergono da un segnale di fondo irregolare e casuale determinato dalle caratteristiche base della fune e del sistema.

L'ampiezza del segnale è influenzata da:

- intensità del campo magnetico
- velocità relativa tra fune e campo magnetico
- diametro della bobina di rilevazione, in rapporto al diametro della fune
- formazione della fune (trefoli, chiusa, etc)
- tipologia ed entità del difetto
- distanza tra le estremità dei fili rotti
- variazioni delle caratteristiche magnetiche dell'acciaio (permeabilità, ossidazione, riscaldamento)
- posizione radiale del difetto

2. Sensibilità del controllo e certificazione delle apparecchiature

Come detto, nel settore funiviario per trasporto persone le funi sono soggette, per norma, a controllo periodico con metodo magnetoinduttivi: l'esito del controllo determina l'ammissibilità al mantenimento in opera della fune, o la necessità della sua sostituzione, sulla base dei limiti massimi di difettosità stabiliti dalla normativa. Le apparecchiature utilizzate per gli esami magnetoinduttivi su funi portanti, portanti traenti e traenti, devono essere conformi alla norma europea UNI EN 12927-8, ("Prescrizioni di sicurezza per funivie trasporto persone/funi/controllo magnetoinduttivo).
L'accettazione delle apparecchiature avviene a seguito di specifiche prove, svolte presso il LA.T.I.F. di Trento o laboratori universitari attrezzati.
La verifica è effettuata su funi test, predisposte dal laboratorio, dotate di difetto artificiale convenzionale, di forma e posizione fissati dalla citata norma. La norma stessa fissa l'ampiezza minima e le caratteristiche del segnale, corrispondente al difetto, che l'apparecchiatura deve visualizzare per essere riconosciuta conforme.

Per le apparecchiature oggi approvate si può dire che la sensibilità si attesta su 0,5-1% della sezione metallica mancante della fune, nel senso che una mancanza di tale entità, viene rilevata e visualizzata in maniera inequivocabile. La sensibilità richiesta dalla norma è tale da evidenziare difettosità ampiamente al di sotto quelle che possano mettere in crisi la fune.

Si ritiene che tale criterio sia trasferibile anche al settore delle funi installate sui sistemi di sollevamento: anche se la normativa di settore non lo prevede, si ritiene requisito necessario che le apparecchiature da utilizzare nei controlli siano conformi alla UNI EN 12927-8. Tale certificazione va documentata.

3. Apparecchiature: soluzioni costruttive

L'apparecchiatura è composta da:
detector dotato di:

- circuito di magnetizzazione;
- sistema di centraggio, guida a scorrimento o rotolamento sulla fune;
- sistema di rilevazione dei difetti locali (LD – local discontinuity), basato sulla misura del flusso disperso in corrispondenza delle anomalie localizzate (es. fili rotti), tramite bobine trasversali o longitudinali, o sensori di Hall;
- sistema di rilevazione della perdita di sezione metallica (LMA – loss of metallic cross sectional area), basato sulla misurazione del flusso magnetico totale, proporzionale alla effettiva sezione;
- rilevatore di spazio fune controllata (utilizzato per la visualizzazione e per riferimento nella registrazione)

I dispositivi di rilevazione dei difetti possono essere presenti singolarmente, duplicati, etc.

Il detector è diviso a metà secondo un piano che contiene l'asse della fune (es. due semicilindri), e viene richiuso sulla fune alla messa in opera.

sistema di visualizzazione e registrazione permanente del segnale proveniente dai dispositivi di rilevazione dei difetti e dello spazio (stampanti a carta o sistema di visualizzazione e acquisizione digitale)

cavi di collegamento ed accessori, in funzione della tipologia dell'apparecchiatura

Negli ultimi anni non vi sono stati grossi cambiamenti nelle apparecchiature: il principio fisico del controllo è rimasto lo stesso, qualche miglioramento si è avuto nei detectors (con l'impiego di magneti di prestazioni più elevate, finalizzato alla riduzione dei pesi), si sono adeguati i sistemi di registrazione e memorizzazione.

Una apparecchiatura valida deve avere idonee caratteristiche di:

a) capacità di rilevazioni dei difetti, cioè:

- essere sufficientemente sensibile, nel suo campo di utilizzo, cioè rilevare difetti di entità riconosciuta come minima necessaria da individuare, indipendentemente dalla posizione del difetto nella fune;
- visualizzare il segnale corrispondente al difetto in maniera tale da individuarlo con certezza in rapporto al rumore di fondo (rapporto segnale /disturbo);
- visualizzare due segnali distinti corrispondenti a due difetti significativi adiacenti (potere risolutivo);

b) praticità, cioè:

- maneggevolezza, facilità di installazione in situazioni ambientali difficili;
- peso limitato;
- facilità di montaggio e smontaggio di guide, bobine, etc. in funzione della fune da esaminare;
- facilità di manutenzione;

c) insensibilità ai fattori esterni, cioè:

- ridotta influenza, sulla risposta, da parte di umidità, basse temperature, vibrazioni;
- ridotto disturbo sui segnali, da parte di campi elettromagnetici esterni;

d) affidabilità;

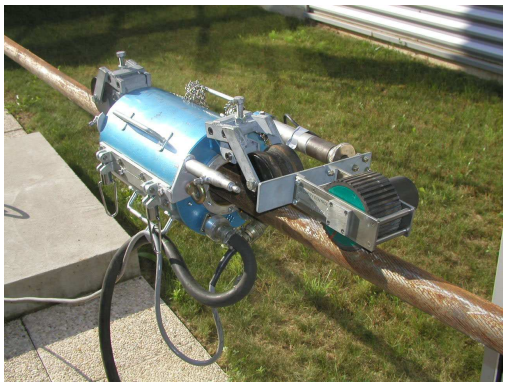
e) facilità di gestione dei segnali acquisiti, cioè:

- facilità di messa a punto;
- immediatezza e chiarezza nella visualizzazione, anche in condizioni ambientali sfavorevoli;
- facilità di memorizzazione, archiviazione, analisi dei grafici, recupero di dati o sezioni significative.

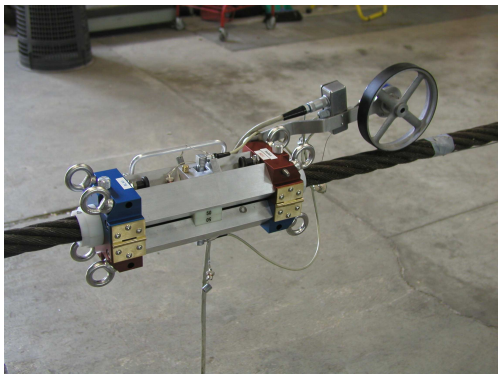
In funzione delle soluzioni costruttive e soprattutto del diametro di fune da esaminare (corrispondente sezione metallica) dimensioni e pesi delle apparecchiature variano in un campo molto ampio.
In particolare il detector, elemento più pesante e difficoltoso da posizionare, può variare da 10-15 daN per funi fino a 40mm di diametro a 30-60 daN per diametri maggiori.
L'esame di funi fino a 70mm di diametro è abituale nel settore funiviario per trasporto persone (il campo di diametri oggi trattato in Italia è tra i 14 e 76mm, di varia tipologia).

Sopra gli 80-90mm di diametro di fune da controllare le difficoltà di messa in opera aumentano notevolmente e possono richiedere installazioni dedicate o soluzioni specifiche.

In particolare, per funi oltre i 100mm di diametro, è molto difficoltoso, se non improponibile, l'utilizzo di magneti permanenti, per oggettive difficoltà di installazione e manipolazione dell'apparecchiatura.
In questi casi si utilizzano detectors elettromagnetici, realizzati con solenoidi coassiali con la fune, alimentati in DC a 24v, con correnti dell'ordine del centinaio di ampere.
E' da verificare l'opportunità di una costruzione diretta del solenoide attorno alla fune, sulla base del dimensionamento, accessibilità, movimentazione, etc.


Detector di vecchia generazione

Scrivente a carta


Detector di nuova generazione

Apparecchiatura di registrazione digitale

La scelta dell'apparecchiatura più idonea è oggetto di particolare studio, sulla base delle funi da esaminare (tipologia, diametri, numero), accessibilità, maneggevolezza, esigenze di registrazione e archiviazione.

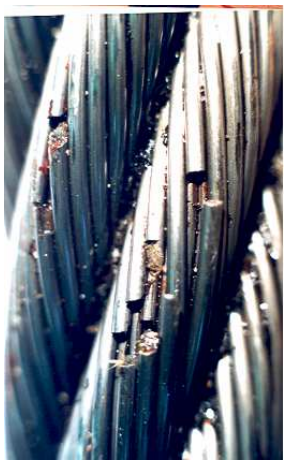
4. Danni rilevabili con questo metodo

Si mostra un campione dei danni che il metodo può rilevare, sotto forma di una anomalia/picco nel grafico d'esame: a fronte di un picco sul grafico, deve sempre seguire l'ispezione visiva della zona.

A tale scopo l'apparecchiatura fornisce un grafico segnale/spazio (disturbo/posizione lungo la fune), tramite il quale è possibile:

- risalire al punto dove è stata manifestata l'anomalia, per il riscontro visivo diretto;
- comparare il grafico dell'esame in corso con il precedente, per una valutazione dell'evoluzione dei difetti, in termini di quantità e di entità;
- rendersi indipendenti dalla velocità del controllo e dai transitori della stessa.

Casisitica danni:



Fili rotti

Bruciature

Intaccature

Strisciamenti

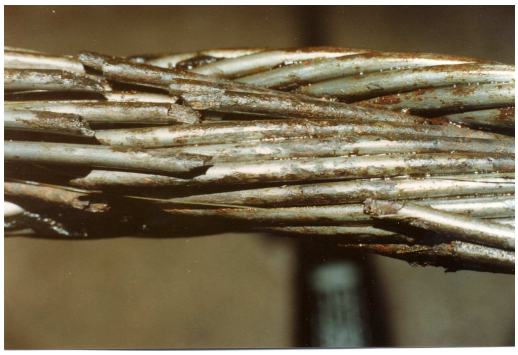
Usura

Corrosione

Fulminazioni

Incisioni interne

Condizioni interne della fune



Stessa fune – rotture per tensocorrosione

Inoltre:

- irregolarità di cordatura
- deformazioni dei fili ed allentamenti
- riduzioni di diametro per degrado dell'anima tessile
- piegamenti e torsioni anomale
- variazioni del passo dei trefoli
- corrosione interna diffusa, con presenza di ossidi

Ciò che è molto importante, è che il metodo, per suo principio di funzionamento, rileva anche difetti interni, indipendentemente dalla situazione esterna di pulizia, lubrificazione, incrostazioni, verniciature o altro, a condizione che non abbiano influenza sulla risposta magnetica. Viene rilevata la corrosione, sia distribuita, che concentrata.

5. Vantaggi e limiti del metodo

Caratteristiche positive del metodo:

- capacità di rilevare difetti sia esterni, che interni
- praticità (facilità di uso e manutenzione)
- insensibilità ai disturbi esterni
- affidabilità
- facilità di gestione dei segnali acquisiti

Limiti del metodo:

- fornisce indicazioni solo qualitative
- va associata l'ispezione diretta alle zone segnalate
- necessita di movimento relativo fune/apparecchio*
- non controlla fune su appoggi o deviazioni

*nota: una particolare tipologia di detector, dotato di rilevazione a sensori di Hall, non necessita di movimento relativo e consente di avvicinarsi ai punti di attacco di estremità delle funi, appoggi, pulegge.

6. Caso dei sistemi di sollevamento

6.1 Tipologia e numero delle funi installate

Esempi di funi installate su impianti di sollevamento specifici:

- gru di banchina, per la movimentazione dei carichi;
- gru di banchina, per la movimentazione del braccio sollevabile;
- gru di banchina, per la traslazione del carrello e carrellino ausiliario;
- argani vari

inoltre su carroponti nei settori di manutenzione (utilizzazione standard).
Tali funi sono di solito di tipologia normale e possono essere adeguatamente controllate con il metodo magnetoinduttivo, salvo tipologie speciali, da esaminare caso per caso.

6.2 Difficoltà relative all'accessibilità

Vista la varietà di applicazioni e delle macchine deve essere oggetto di valutazione, su ciascun sistema di sollevamento, la problematica del posizionamento del detector. Gli sviluppi della fune e i passaggi su più pulegge richiederanno sicuramente più riprese, con riposizionamento del detector, ai fini di esaminare la fune per l'intera lunghezza. Solo in questo caso potrà essere espresso un giudizio sullo stato della fune.

Questo si trascina problemi di accesso ai punti di lavoro specifici, per il posizionamento del detector, attrezzamento della zona di lavoro e ispezione, con piattaforme, grigliati, etc, nel rispetto delle norme di sicurezza.

6.3 Applicabilità del metodo al caso in esame

Di principio non vi sono preclusioni nell'applicazione del metodo alle funi ferromagnetiche, una volta che siano definite l'idoneità della strumentazione e le procedure di controllo.
Si può dire che il metodo è applicabile dal punto di vista di principio e le funi installate, delle quali è stato fornito l'elenco e le caratteristiche, sono compatibili con le apparecchiature note oggi in commercio.
Sulla base della quantità ed intervallo di diametro devono essere scelti idonei numero e taglia dei detector da acquisire.

6.4 Periodicità dei controlli

Non esistendo normativa cogente in materia di periodicità, deve essere definito un criterio di scadenza temporale, per ciascuna tipologia di applicazione, che tenga conto dei vari fattori di esercizio (tipologia della fune, gravosità di impiego, etc).
Da ricordare che il controllo magnetoinduttivo non è sostitutivo del controllo visivo, quindi i controlli strumentali sono da coordinare con le scadenze dei controlli visivi.

6.5 Definizione dei criteri di sostituzione delle funi

La UNI ISO 4309:2008 è la norma il riferimento, per quanto riguarda i limiti di difettosità che costringono alla sostituzione della fune. In una valutazione globale del criterio di dismissione di ciascuna fune si dovrà tenere conto anche di:

- aspetti tecnici, come specifiche del costruttore, contenute nel manuale di uso e manutenzione, gravosità di utilizzo, evoluzione delle rotture, traumi e difetti localizzati, corrosione;
- aspetti gestionali, come priorità dell'installazione, danno in caso di disservizio o incidente, tempi e difficoltà di sostituzione, costi;

Il metodo è di ausilio in caso di necessità di scelte diverse, contingenti, che così possono essere supportate da controlli supplementari e ravvicinati (es. per sostituzione prevista ma non possibile e da dilazionare, ritardi nell'approvvigionamento del ricambio, sorveglianza di particolari danni in attesa della sostituzione etc.)

6.6 Valutazione dei danni

Si segue sempre la UNI ISO 4309:2008: la quantificazione è sempre fatta a seguito di ispezione visiva diretta.

Danni rilevati e non visibili, quindi interni, richiederanno l'apertura locale della fune nella zona interessata, sempre per la valutazione visiva diretta, conteggio e quantificazione, per la decisione di mantenimento in opera o sostituzione.

6.7 Aspetti tecnici e gestionali da considerare

Si riassume una serie di punti da tenere in considerazione, comprendenti alcuni dei precedenti e già descritti in dettaglio, nell'ottica della costituzione di un "Servizio di controllo non distruttivo delle funi".

6.7.1 Dati di partenza (dimensione del problema)

Raccolta sistematica di tutte le seguenti informazioni:

- n° argani installati (con fune da sottoporre a controllo periodico),
- caratteristiche degli argani (dati fune, carico di lavoro, cicli, priorità, etc.);
- normativa da seguire (criteri di dismissione delle funi ed attuale criterio temporale di sostituzione);
- risorse disponibili per il settore controlli;

6.7.2 Azioni di carattere tecnico

- creazione di archivio (informatizzato e cartaceo, con tutti i dati di ciascun argano, scadenzario);
- definizione delle procedure di controllo (periodicità in funzione dei cicli di carico, modalità di effettuazione del controllo, sequenza operazioni, punti critici, rapporti di prova, archiviazione);
- definizione dei criteri di dismissione delle funi (temporale, danno limite, etc.);
- scelta di tipologia e numero apparecchiature di controllo (campo diametri controllabili, ingombri, flessibilità, garanzia continuità dei controlli, assistenza periodica, etc.).

6.7.3 Azioni relative al personale

- scelta del personale addetto ai controlli (organizzazione staff, numero, categoria, specializzazione degli addetti);
- formazione del personale e certificazione (corsi specifici, esame di certificazione CICPND);
- aspetti relativi all'antinfortunistica specifica (valutazione dei rischi specifici, adozione provvedimenti tecnici, di formazione ed informazione degli addetti);
- programma di manutenzione delle apparecchiature (manutenzione periodica a cura del personale interno).

6.7.4 A regime

- gestione dello scadenzario dei controlli sulle funi (programmazione ispezioni ed esami strumentali)
- effettuazione controlli periodici, valutazione delle condizioni delle funi, decisione mantenimento in opera, gestione archivio grafici e rapporti di prova,
- gestione manutenzione periodica apparecchiature di controllo (archivio interventi, sia interni, che esterni);
- verifiche periodiche conformità apparecchiature di controllo (conferma validità apparecchiature);
- gestione magazzino funi di ricambio ed accessori (coordinamento con il settore incaricato delle sostituzioni).

7. Conclusioni

Ciò che il metodo può dare in più rispetto ad oggi:

- informazioni sulle condizioni interne della fune
- maggior libertà nella programmazione delle sostituzioni
- possibilità di allungamento della vita delle fune

Quanto può costare in termini di:

- apparecchiature?
- Personale?

Deve essere fatta una analisi costi-benefici.

Attività del LA.T.I.F. nel settore funi e controllo funi

In questa prima fase si possono indicare i punti dove il LA.T.I.F. può fornire i propri servizi, nel limite del proprio ruolo e disponibilità di personale interno.
Preme sottolineare che il LA.T.I.F. fa parte del Servizio Impianti a Fune della Provincia Autonoma di Trento, che è un organismo di sorveglianza con competenze nel settore del trasporto pubblico di persone tramite funivie, sul territorio della Provincia di Trento.
Nel 2005 ha ottenuto l'accreditamento SINAL (Sistema Nazionale di Accreditamento dei Laboratori – www.sinal.it) in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.
Il LA.T.I.F. è la sezione sperimentale del Servizio, si occupa dal 1971 di prove tecniche su funi, componenti di funivie ed assimilabili, ai fini delle verifiche di sicurezza.
In questo ambito, le funi rappresentano una parte significativa dell'attività, sotto gli aspetti di:

- prove di resistenza a rottura, sia sulle funi, che sui fili;
- controlli di integrità, tramite le verifiche di efficienza e sensibilità delle apparecchiature magnetoinduttive;
- formazione e certificazione del personale che effettua i controlli stessi (dal 2007 Centro d'Esame riconosciuto dal CICPND, per la certificazione del personale addetto ai CND, con riferimento alla norma europea EN 473)
- perizie ed indagini varie
- ricerca

Informazioni sui punti citati si possono trovare sul sito www.latif.it .

Il Laboratorio, per ruolo, non è coinvolto commercialmente da nessun punto di vista, per quanto concerne strumentazioni ed altro.

Trento, settembre 2010

Il Direttore
dott. ing. Fabio Degasperi

e-mail: fabio.degasperi@provincia.tn.it